

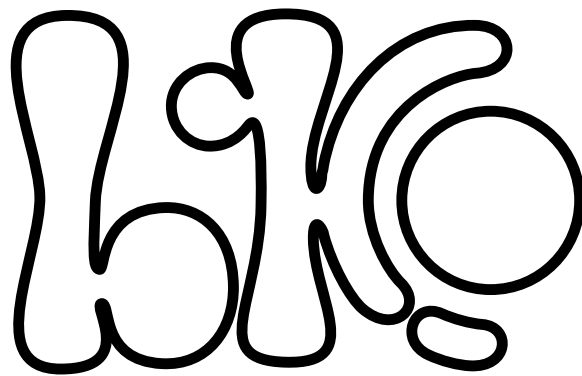
---

# 3. BIOLOĢIJAS KOMANDU OLIMPIĀDE

Uzdevumu komplekts

11.–12. klašu grupa

---



---

## AUTORI UN ORGANIZATORI:

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

## MŪS ATBALSTA:

Skolotāji Kristaps Ozoliņš, Anita Rozenblate un Daina Mazmača,  
Rīgas Valsts 1. ģimnāzija un Rīgas Valsts 3. ģimnāzija,



MEDICĪNAS UN  
DZĪVĪBAS ZINĀTŅU  
FAKULTĀTE



**BRAIN  
GAMES**



**MVM**



**Blockvis**



**MANSARDS**



RĪGA STRADIŅŠ  
UNIVERSITY



2024. GADA 7. DECEMBRIS

---

# PREAMBULA

LAIPNI LŪGTI BIOLOĢIJAS KOMANDU OLIMPIĀDĒ!

Pirms sākat risināt uzdevumus, iepazīstieties ar turpmāko informāciju!

1. Teorētiskās daļas uzdevumu risināšanai jums ir dotas 2 stundas un 30 minūtes — no plkst. 10.00 līdz plkst. 12.30. Pēc tam šie uzdevumi tiks savākti. *Iesakām uzdevuma “Atšifrē sugu” risināšanai veltīt teorētiskās daļas pēdējo pusstundu.*
2. Pēc teorētiskās daļas jums ir dota 15 minūšu pauzīte — no plkst. 12.30. līdz plkst. 12.45.
3. Pēc pauzītes notiek olimpiādes praktiskā daļa, kas sastāv no HOP testa un laboratorijas darba. Tās veikšanai jums ir dota 1 astronomiskā stunda — no plkst. 12.45 līdz plkst. 13.45.
4. Praktiskās daļas ietvaros komandai ir jāsadala. Ja komandā ir četri dalībnieki, divi no tiem dodas uz HOP testu un divi paliek klases telpā veikt laboratorijas darbu. Ja komandā trīs dalībnieki, divi dodas uz HOP testu un viens paliek uz laboratorijas darbu. Ja komandā ir divi dalībnieki, viens dodas uz HOP testu un viens paliek uz laboratorijas darbu. Laboratorijas darba tēma ir augu bioķīmija, bet HOP testa tēma ir zooloģija.
5. Ja vēlaties, drīkstat pārkārtot telpu vai izmantot tāfeli, bet olimpiādes beigās telpa jāatstāj tādā pašā stāvoklī, kādā to saņēmāt. Ja radāt bojājumus skolas inventāram, esat par to atbildīgi.
6. Pārliecinieties, ka esat saņēmuši visus saturā norādītos uzdevumus! Laboratorijas darbam nepieciešamās lietas saņemsit pēc teorētiskās daļas beigām. **Ja kaut kā trūkst, informējiet organizatorus līdz plkst. 10.15!**
7. Katrs uzdevums sastāv no uzdevuma teksta un atsevišķas atbilžu lapas. **Rakstiet atbildes tikai atbilžu lapā! Uzdevuma teksts paliks pie jums, un tajā rakstītais netiks labots.** Atbilžu lapa parasti sastāv no vairākām saskavotām lapām. Uzrakstiet komandas nosaukumu uz pirmās lapas! Ja izņemat skavu, uzrakstiet komandas nosaukumu uz katras lapas!
8. Lūdzam uzdevumu risināšanas laikā nepamest klasi. Ja nepieciešams, varat apmeklēt labierīcības.
9. Ja telpā esat divas komandas (viena no 9.—10. klašu grupas, otra no 11.—12. klašu grupas), ņemiet vērā, ka vienīgie **kopīgie uzdevumi** ir “Atšifrē sugu” un laboratorijas darbs. Iesakām būt *īpaši klusiem* risinot šos uzdevumus, lai nenodotu informāciju otrai komandai.
10. Jautājumu gadījumā varat vērsties pie brīvprātīgā, kurš patrulē jūsu gaitenī.

Lai veicas! ☺

— Uzdevumu autori

# I UZDEVUMS

## VELC, PELĪTE, SALDU MIEGU! [50 P.]

Vai esi kādreiz aizdomājies, ka vidēji cilvēks guļot pavadā trešdaļu visas savas dzīves? Ja esi kādreiz pavadījis visu nakti, pildot mājasdarbus vai dziedot Līgo dziesmas, tad, visticamāk, zini, cik nozīmīgs ir miegs labai pašsajūtai un normālai smadzeņu funkcionēšanai. Tomēr miega fizioloģiskā nozīme joprojām nav pilnībā izprasta. Turklāt dzīvnieku pasaulē novērojama liela daudzveidība šajā fascinējošajā procesā vai arī tam līdzīgos stāvokļos. Šajā uzdevumā vispirms varēsi pārbaudīt savas zināšanas par nervu sistēmu, tad iepazīties ar nelielu daļu no fascinējošajiem pētījumiem, kas veikti par miegu, un beigās arī gūt dziļākas zināšanas par miega regulāciju un to, kā šīs zināšanas var noderēt miega zāļu izstrādē.

### I-1. Nervu sistēmas pamati [13.5 p.]

**1.1. Jaut. [1.5 p.]** Dota neaizpildīta mugurkaulnieku nervu sistēmas iedalījuma shēma, kā arī daļu nosaukumi. Atbilžu lapas tabulā ieraksti katram numuram atbilstošās daļas nosaukumu!

Daļu nosaukumi: perifērā nervu sistēma (A), somatiskā nervu sistēma (B), simpātiskā nervu sistēma (C), parasimpātiskā nervu sistēma (D), centrālā nervu sistēma (E), autonomā jeb veģetatīvā nervu sistēma (F).

**1.2. Jaut. [1 p.]** Kuri divi orgāni veido centrālo nervu sistēmu? Nosaukumus ieraksti atbilžu lapā!

**1.3. Jaut. [1 p.]** Kuras divas divas šūnu grupas pieder pie nervaudiem? Ieraksti atbilžu lapā!

**1.4. Jaut. [2 p.]** Dota perifērās nervu sistēmas neirona (nervu šūnas) uzbūves shēma un uzbūves sastāvdaļas. Atbilstoši katram numuram ieraksti atbilstošo burtu!

Uzbūves sastāvdaļas: aksons (A), dendrīts (B), mielīna apvalks (C), nervu šūnas kodols (D), aksona terminālis (E), nervu šūnas ķermenis jeb soma (F), Ranvjē mezgls (G), Švanna šūnas kodols (H).

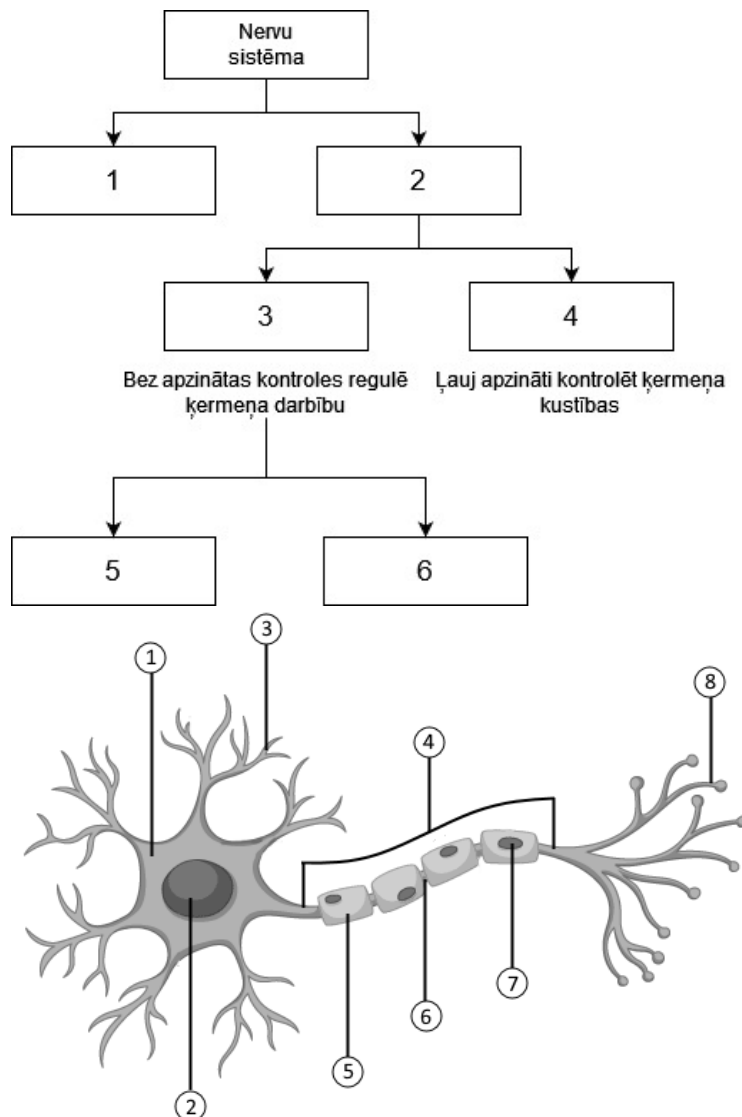
**1.5. Jaut. [1 p.]** Dotajā rindkopā pie katra kārtas numura izvēlies pareizo variantu un atbilžu lapas tabulā pie katra numura ieraksti atbilstošo burtu!

Pelēko vielu veido **1.** *nervu šūnu ķermeņi (A)/nervu šūnu šķiedras jeb aksoni (B)/tauķaudi (C)*, savukārt balto vielu veido **2.** *nervu šūnu ķermeņi (A)/nervu šūnu šķiedras jeb aksoni (B)/tauķaudi (C)*. Tas ir tādēļ, ka aksonus klāj **3.** *epitēlijs šūnu veidots apvalks (A)/glijas šūnu veidots apvalks (B)/muskulšūnu veidots apvalks (C)*, kas satur daudz **4.** *proteīnu (A)/lipīdu (B)/cukuru (C)*.

**1.6. Jaut. [0.5 p.]** Kurā no variantiem visi apgalvojumi ir patiesi? Atbilžu lapā apvelc pareizo!

(A) Nervu šūnas iekšpusē ir negatīvi lādēta attiecībā pret šūnas ārpusi. Šūnas iekšpusē ir lielāka kālija jonu koncentrācija, bet šūnas ārpusē ir lielāka nātrijs jonu koncentrācija.

(B) Nervu šūnas iekšpusē ir negatīvi lādēta attiecībā pret šūnas ārpusi. Šūnas iekšpusē ir lielāka nātrijs jonu koncentrācija, bet šūnas ārpusē ir lielāka kālija jonu koncentrācija.



(C) Nervu šūnas iekšpuse ir pozitīvi lādēta attiecībā pret šūnas ārpusi. Šūnas iekšpusē ir lielāka nātrija jonu koncentrācija, bet šūnas ārpusē ir lielāka kālija jonu koncentrācija.

(D) Nervu šūnas iekšpuse ir pozitīvi lādēta attiecībā pret šūnas ārpusi. Šūnas iekšpusē ir lielāka kālija jonu koncentrācija, bet šūnas ārpusē ir lielāka nātrija jonu koncentrācija.

Aplūko neirona darbības potenciāla shēmu (uz x ass – laiks, uz y ass – membrānas potenciāls)!

**1.7. Jaut. [0.5 p.]** Kāda ir pareizā A – repolariz.; B – hiperpolariz.; C – depolariz. secība?  (Atbildi iesniedz secībā pareizā ierakstot A, B, C.)

**1.8. Jaut. [1.5 p.]** Tev dota ķīmiskās sinapses shēma, kā arī sinaptiskās transmisijas soļi sajauktā secībā. Sarindo tos un atbilžu lapā ieraksti burtus atbilstoši secībai!

(A) Postsinaptiskajā neironā ieplūst pozitīvi lādēti joni, izraisot darbības potenciālu, kas tālāk var tikt pārvadīts un nodots nākamajai šūnai.

(B) Kalcija joni iespējo vezikulu saplūšanu ar presinaptisko membrānu. Tā rezultātā neurotransmiteris, kas glabājās vezikulās, tiek palaists sinaptiskajā spraugā.

(C) Darbības potenciāls nokļūst presinaptiskajā terminālī.

(D) Neurotransmiteris piesaistās pie receptoriem uz postsinaptiskā neirona.

(E) Depolarizācija presinaptiskajā terminālī izraisa kalcija kanālu atvēršanos, ļaujot kalcija joniem ieplūst.

(F) Postsinaptisko receptoru aktivācija izraisa jonu kanālu atvēršanos.

**1.9. Jaut. [3 p.]** Dotas divas smadzeņu anatomijas shēmas un smadzeņu daļu nosaukumi. Atbilžu lapā ieraksti burtus attiecīgajās vietās, lai katrai sastāvdaļai atbilstu pareizā bultiņa shēmā!

Uzbūves sastāvdaļas: smadzeņu stumbrs

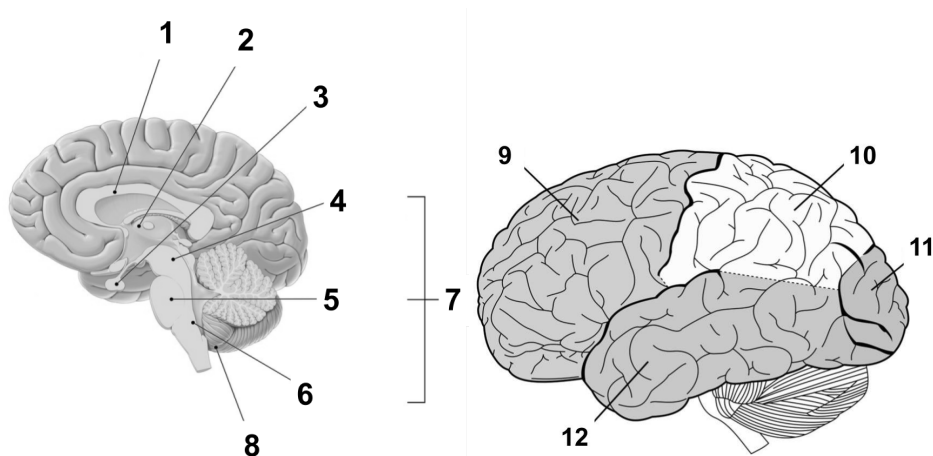
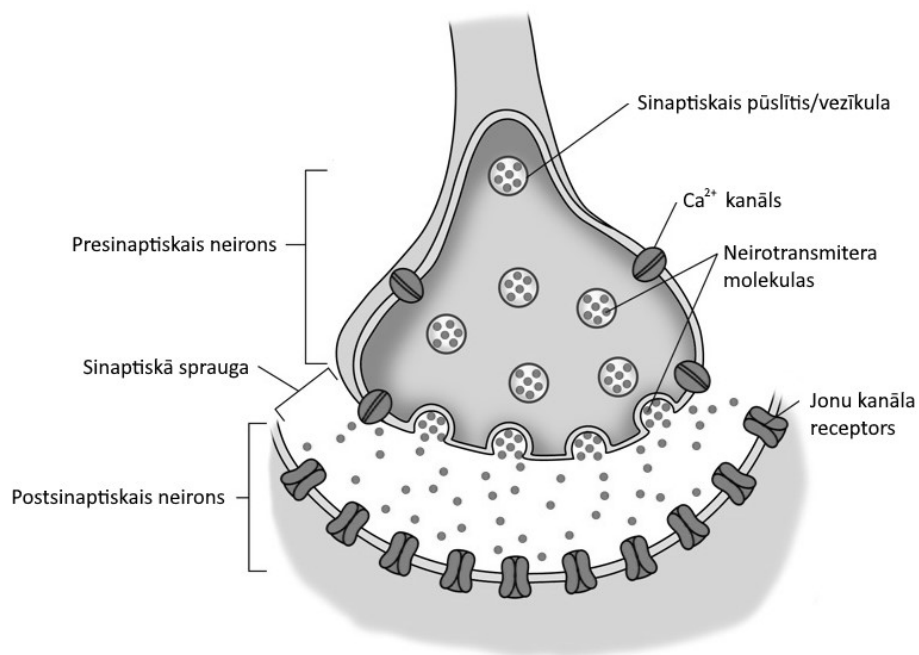
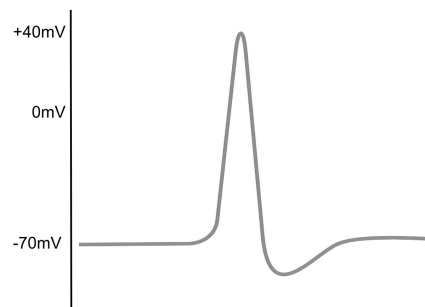
(A), hipofīze (B), smadzeņu saiklis (C), paura daiva (D), tilts (E), talāms (F), pakauša daiva (G), iegarenās smadzenes (H), vidussmadzenes (I), pieres daiva (J), pieres daiva (J), deniņu daiva (L).

**1.10. Jaut. [0.5 p.]** Kā sauc dziedzeri smadzenēs, kas izdala melatonīnu? Ieraksti atbilžu lapā!

**1.11. Jaut. [1 p.]** Katram nervu sistēmas veidam no dotajiem izvēlies vienu piemēru no dzīvnieku pasaules! Ieraksti burtus atbilžu lapā!

Nervu sistēmas veidi: *tīklveida nervu sistēma* (1); *vienkārša ganglijveida nervu sistēma* (2); *labi attīstīta ganglijveida nervu sistēma* (3); *centrālā nervu sistēma* (4).

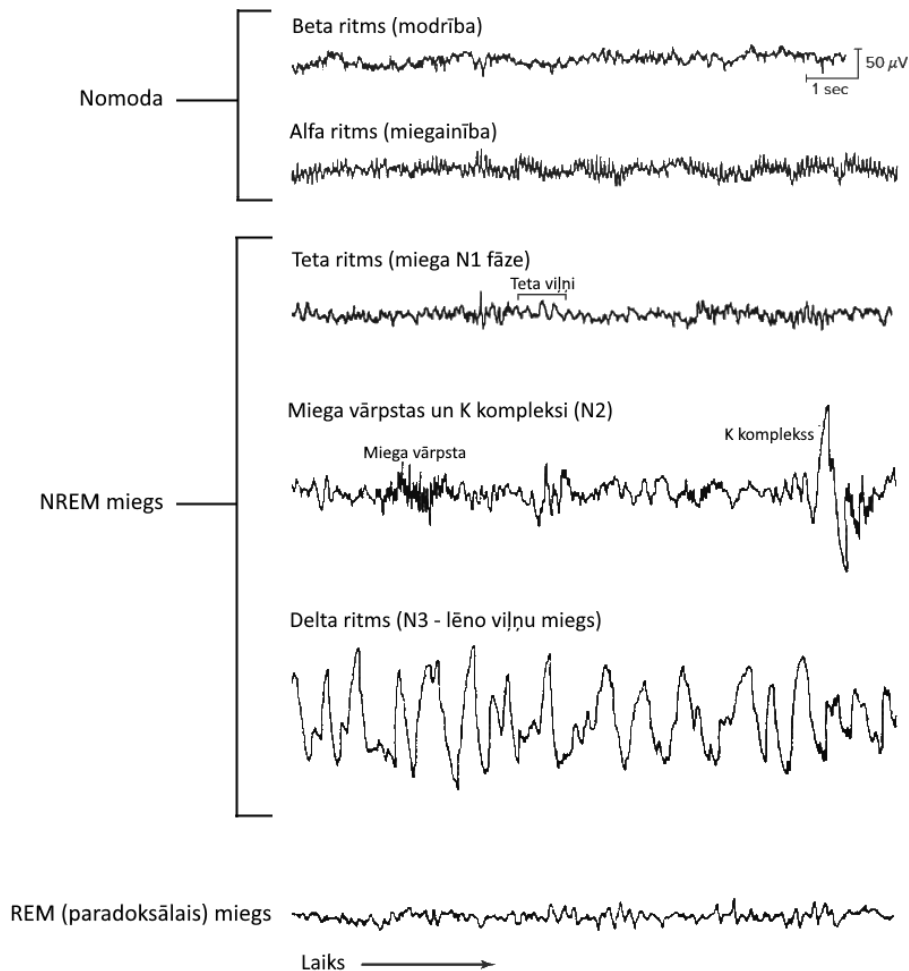
Piemēri: *planārija* – *plakantārps* (A); *slika* (B); *zirneklis* (C); *medūza* (D); *zivrbulis* (E); *varde* (F).



## I-2. Neparastie miega pētījumi [20.5 p.]

### I-2.1. Miega viļņi un gulēšana ar vienu smadzeņu puslodi [9.5 p.]

Viena no miega pazīmēm ir specifiska smadzeņu aktivitāte, ko var novērot veicot elektroencefalogrammu (EEG). Šīs metodes laikā galvai tiek piestiprināti elektrodi, kas uztver smadzeņu ģenerētos elektriskos signālus. Kad šie signāli tiek pierakstīti, var novērot atšķirīgus viļņveida rakstus atkarībā no cilvēka apziņas stāvokļa (attēlā zemāk).



**2.1. Jaut. [1 p.]** Miegu var iedalīt NREM miegā un REM miegā. REM (*rapid eye movement*) miegam raksturīgas straujas acu kustības zem plakstiņiem, ļoti atslābināti pārējie ķermeņa muskuļi, kā arī sapņi. Savukārt NREM miegā (*non-REM*) šādas acu kustības nenotiek, turklāt trešā NREM miega fāze tiek dēvēta arī par dziļo miegu. Ievēro EEG ierakstus, ka dažādu fāžu miegam ir atšķirīga viļņu frekvence un amplitūda! Atbilžu lapā īsi paskaidro, kādēļ REM miegu dēvē arī par paradoksālo miegu!

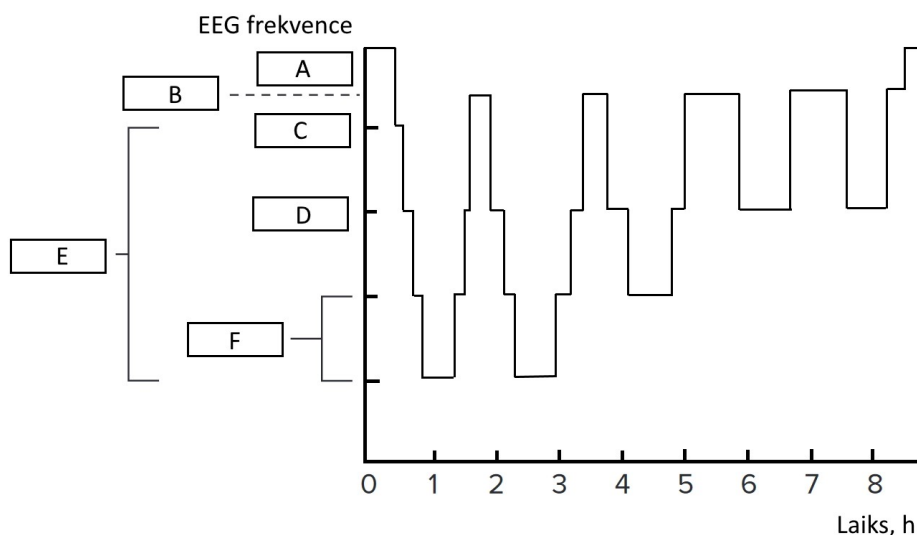
**2.2. Jaut. [1.5 p.]** Attēlā I.1. dota tipiska cilvēka EEG viļņu frekvence nakts laikā. Izmantojot EEG ierakstu attēlu, nosaki, kurām frekvencēm diagrammā atbilst dotās stadijas! Ieraksti atbilstošo burtu atbilžu lapā!

Stadijas: 1. nomoda; 2. NREM miegs; 3. REM miegs; 4. N1 fāze; 5. N2 fāze; 6. N3 un N4 fāze.

**2.3. Jaut. [0.5 p.]** Izmantojot 2.2 jautājumā iegūto, izvēlies pareizo variantu dotajā rindkopā! Ieraksti atbilstošo burtu atbilžu lapā!

Miega gaitā laiks, kas tiek pavadīts dziļajā miegā arvien vairāk 1. *samazinās (A)/ palielinās (B)*, savukārt laiks, kas pavadīts REM miegā, arvien vairāk 2. *samazinās (A)/ palielinās (B)*.

Vai spēj iztēloties, kāda sajūta būtu ar vienu smadzeņu puslodi gulēt dziļā miegā, bet ar otru būt nomodā? Daļa dzīvnieku, piemēram, putni un ūdens zīdītāji, evolūcijas gaitā ir ieguvuši šādu prasmi. Zinātniskajā valodā šo fenomenu sauc par unihemisfērisko miegu.



I.1. Attēls. Cilvēka EEG viļņu frekvenču izmaiņas nakts laikā.

**2.4. Jaut. [1.5 p.]** Tika veikts pētījums ar pīlēm. Tās tika nostādītas rindā, un tad tika veikti video ieraksti, lai vērotu pīļu acu stāvokļus. Zināms, ka putnos atvērta acs norāda uz šai acij pretējās smadzeņu puslodes aktīvu stāvokli. Proti, ja pīles labā acs ir atvērta, bet kreisā – aizvērta, tad pīles labā smadzeņu puslode guļ. Aplūko attēlu I.2.! Secini, kāda varētu būt viena no unihemisfēriskā miega funkcijām putnos, pamatojoties uz grafikā doto informāciju! Ieraksti savu paskaidrojumu atbilžu lapā!

**2.5. Jaut. [1.5 p.]** Vēl viena dzīvnieku grupa, kam raksturīgs unihemisfēriskais miegs, ir ūdens zīdītāji, piemēram vaļi un delfīni. Pamatojoties uz šo dzīvnieku anatomiskajām īpašībām, izskaidro, kādēļ šiem dzīvniekiem nepieciešams unihemisfēriskais miegs! Ieraksti atbilžu lapā!

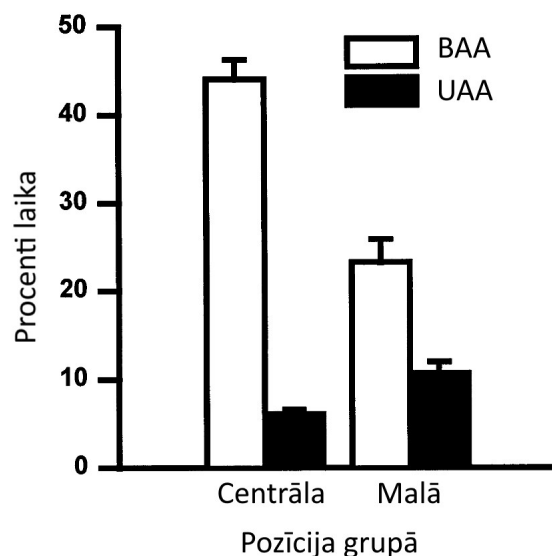
**2.6. Jaut. [3.5 p.]** Lai gan cilvēkos nav novērots pilnīgs unihemisfēriskais miegs, pastāv iespēja, ka cilvēka smadzenes mēdz izrādīt līdzīgus stāvokļus.

Kāda zinātnieku grupa veica pētījumu par šī fenomena saistību ar tā saukto "pirmās nakts efektu" (*First-night effect*). Ļoti iespējams, ka arī tu esi pamanījis, ka svešā vietā pirmajā naktī pagulēt ir diezgan grūti. Pētījumā indivīdu grupai gulēšanas laikā lika viegli sist pirkstus, kad tiek sadzirdētas skaņas. Tika piefiksēts, cik indivīdu pamodās no skaņām katrā ausī un kāds bija reakcijas laiks (laiks starp skaņu un pirkstu sitieniem). Kārtīgi aplūko I.3. attēlu un tā paskaidrojumu! Atceries, ka informāciju no labās auss apstrādā smadzeņu kreisā puslode un otrādi! Tad atbildi uz jautājumiem:

(a) Kādēļ cilvēkos varētu būt evolucionējusi "spēja" pirmajā naktī slikti gulēt? Ieraksti atbilžu lapā!

(b) Vai pētījumā novērotais norāda uz atšķirībām smadzeņu aktivitātē pirmajā un otrajā naktī, gulot svešā vietā? Pamato ar informāciju no datiem! Ieraksti atbilžu lapā!

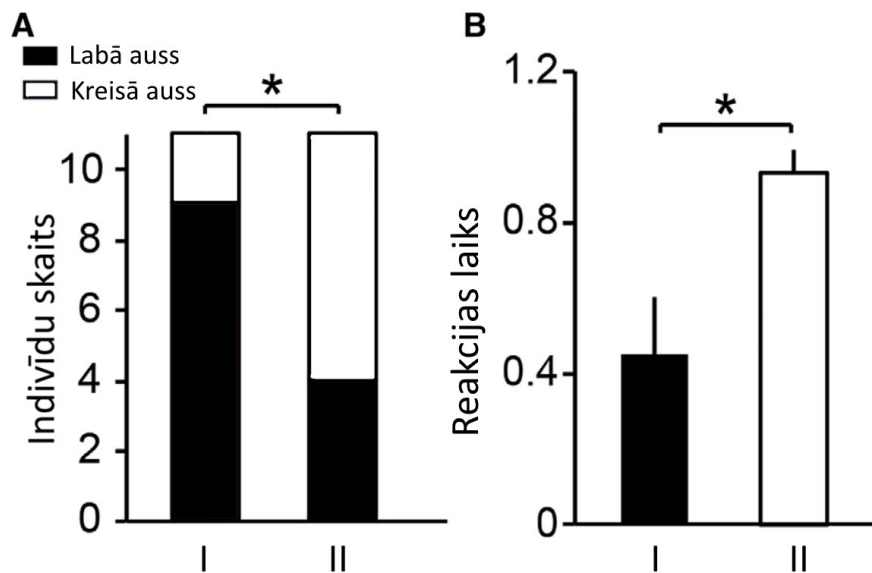
(c) Kura smadzeņu puslode bijusi aktīvāka? Īsi pamato! Ieraksti atbilžu lapā!



I.2. Attēls. Vidējais pīļu pavadītais laiks ar bilaterāli aizvērtām acīm (BAA) un unilaterāli aizvērtām acīm (UAA) atkarībā no pīles pozīcijas grupā. BAA nozīmē, ka pīle guļ ar abām acīm aizvērtām, savukārt UAA nozīmē, ka ar vienu aizvērtu aci. Centrālā pozīcijā atrodas pīles rindas iekšpusē, savukārt malas pozīcijā atrodas pīles abos rindas galos.

## I-2.2. Mistiskās miega funkcijas [11 p.]

Miega funkciju mistērija ilgi mocījusi neirozinātniekus, taču gadu laikā ir uzkrāti pierādījumi vairākām miega funkcijām. Cilvēkos miegs ir nozīmīgs, piemēram, atmiņu nostiprināšanā, enerģijas atjaunošanā smadzenēs, smadzeņu attīrīšanā no atkritumvielām un imūnfunkcijai.



I.3. Attēls. Pamošanās biežuma un reakcijas atšķirības pirmajā un otrajā dienā. I - pirmā nakts, guļot svešā vietā; II - otrā nakts, guļot svešā vietā. Zvaigznīte norāda statistiski nozīmīgu atšķirību. (A) Individu skaits, kas pamodās pēc skaņas stimulācijas labajā ausī (melns) un kreisajā ausī (balts) katrā dienā. (B) Reakcijas laiks starp skaņas stimulu un pirkstu sitieniem katrā dienā. Uz y ass decimālais logaritms no laika.

**2.7. Jaut. [2 p.]** I.4. attēlā jūs varat redzēt rezultātus no viena klasiska pētījuma par atmiņas saistību ar miegu. Pētījumā ar diviem dalībniekiem (A un B) tika veikts ilgstošs un daudzkārtēji atkārtots eksperiments: viņiem tika nosauktas nesaistītas zilbes un pēc laika intervāliem tika noteikts, cik zilbju viņi atceras. Atbilžu lapā ieraksti atbildes uz jautājumiem!

(a) Nosaki, par cik procentiem vairāk zilbju vidēji atceras dalībnieks pēc 2h miega intervāla nekā 2h nomodas intervāla (kopš zilbju nosaukšanas)! Parādi aprēķinu!

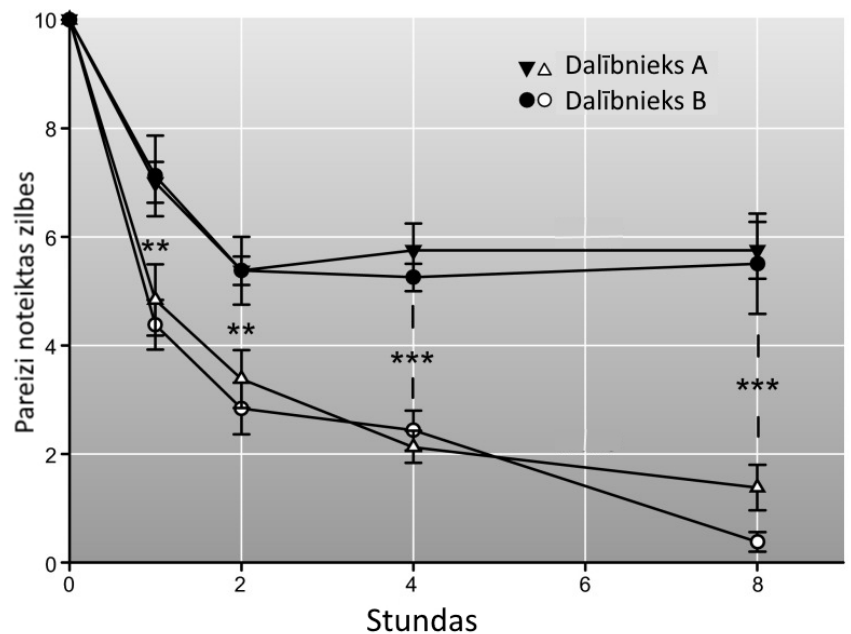
(b) Raksturo, kā mainās atmiņas zušanas ātrums atkarībā no laika!

**2.8. Jaut. [3 p.]** I.5. attēlā vari redzēt fascinējošus rezultātus no kāda pētījuma par miega saistību ar atmiņu. Šajā pētījumā cilvēki mēģināja iegaumēt kāršu pārus (kā atmiņas spēle) rožu aromāta klātbūtnē. Pēc tam dziļā miega laikā, indivīdiem nezinot, tika vai nu palaists rožu aromāts, vai palaists cits aromāts, vai nepalaists aromāts. Pēc tam tika notestēts, cik kāršu pāru atrašanās vietas dalībnieki atceras (bez aromāta klātbūtnes). Kārtīgi izlasi paskaidrojumu zem grafikiem un atbilžu lapā ieraksti atbildes uz jautājumiem:

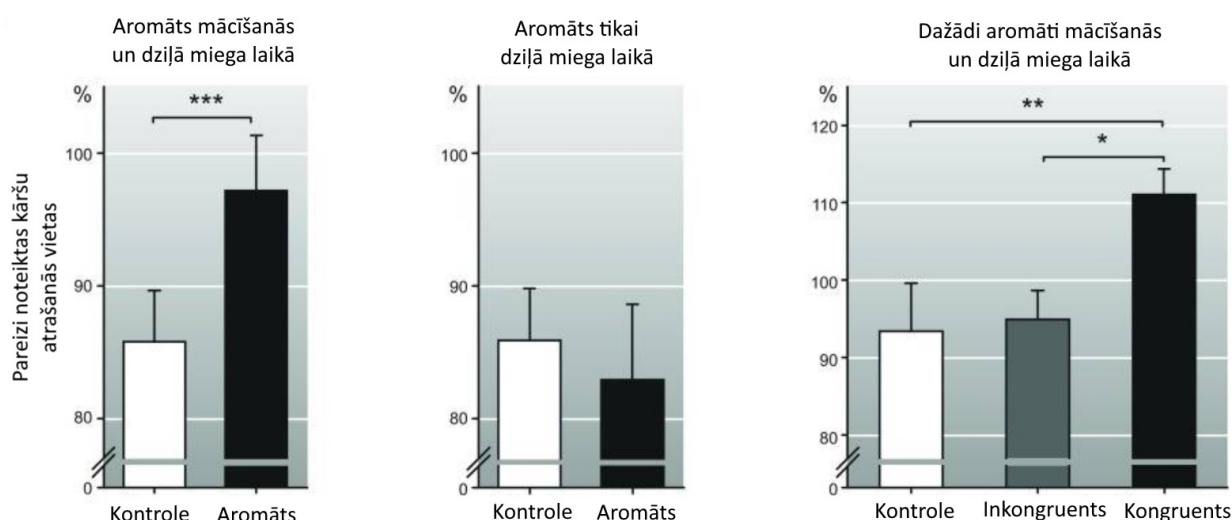
(a) No aprakstītajiem mācīšanās eksperimentiem kāds ir visefektīvākais veids, kā mācīties?

(b) Vai var secināt, ka aromāts, ar ko indivīds nav saskāries mācīšanās laikā, nakts laikā samazina atmiņas izveidi relatīvi pret kontroles grupu, kas guļ bez smaržas klātbūtnes (vidējais grafiks)?

(c) Īsi paskaidro, kādēļ nepieciešams veikt eksperimentus, kuru rezultāti attēloti otrajā (pa vidu) un trešajā (pa labi) grafikā, ja pirmajā eksperimentā iegūti statistiski būtiski rezultāti!



I.4. Attēls. Miega un nomodas intervālu ietekme uz zilbju atmiņu. Tumši aizpildīti punkti/trijstūri – miega intervāls; neaizpildīti – nomodas intervāls. Uz x ass – stundas pēc zilbju nosaukšanas.



I.5. Attēls. Pareizi noteiktas kāršu atrašanās vietas atkarībā no mācīšanās un miega apstākļiem. Pirmajā grafikā redzami rezultāti, kad gan kontroles grupa, gan aromāta grupa saņēma rožu aromātu mācīšanās laikā, bet dziļā miega laikā tikai aromāta grupa saņēma aromātu. Otrajā grafikā neviena grupa nesaņēma aromātu mācīšanās laikā, taču dziļā miega laikā aromāta grupa saņēma aromātu. Trešajā grafikā mācīšanās laikā rožu aromātu saņēma visas grupas, taču dziļā miega laikā kontroles grupa nesaņēma aromātu, inkongruentā grupa saņēma citu aromātu (ne rožu), savukārt kongruentā grupa saņēma rožu aromātu. Zvaigznītes norāda uz statistiski nozīmīgu atšķirību!

**2.9. Jaut. [3.5 p.]** Miegš un imūnsistēmas darbība ir ļoti saistīti fizioloģiski procesi. Ne tikai miegs ir nozīmīgs pareizai imūnsistēmas aktivitātei, bet arī imūnsistēmas procesi var ietekmēt miegu. Divas ļoti pētītas imūnās signālmolekulas ir interleikīns-1 beta (IL-1) un audzēju nekrozes faktors alfa (TNF), kuras ir proinflammatoras jeb iekaisumu veicinošas. Lasi turpmāko informāciju un atbildi uz jautājumiem atbilžu lapā!

Kādā eksperimentā žurkā tika ievadītas antivielas, kas saistās ar TNF vai IL-1. Abos gadījumos dzīvniekā samazinājās fizioloģiskais NREM miegs, turklāt netika novērots palielinājums NREM miegā pēc miega trūkuma, kā tas notiek parasti.

(a) Ko tu vari secināt par IL-1 un TNF ietekmi uz miegu?

Kādā citā eksperimentā žurkā tika ievadīts kaspāzes-1 inhibitors (inhibitors ir savienojums, kas traucē darbību). Arī šī eksperimenta rezultātā samazinājās NREM miega ilgums. Zināms, ka kaspāze-1 ir proteāze (peptīdsaišu šķelošs enzīms). Zināms arī, ka IL-1 ir proteīns, kura aktīvā forma satur mazāk aminoskābju nekā neaktīvā forma, un ka izmaiņas NREM miegā bija saistītas tieši ar IL-1 aktivitāti.

(b) Izskaidro, kādēļ kaspāzes-1 inhibitora ievadīšana izraisīja novēroto efektu!

Vēl vienā citā eksperimentā žurkā tika ievadīts muramil dipeptīds, kas ir baktēriju peptidoglikāna šūnapvalku sastāvdaļa. Tā rezultātā strauji tika sintezētas proinflammatorās molekulas, tai skaitā IL-1 un TNF.

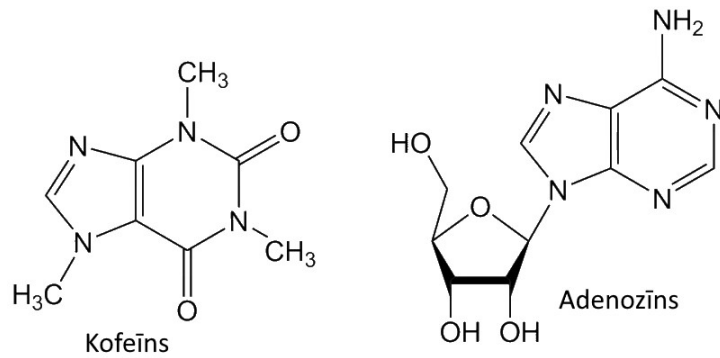
(c) Kā tiek ietekmēts cilvēka miegs, kad tas slimo ar bakteriālu infekciju?

**2.10. Jaut. [2.5 p.]** Pēdējā no miega funkcijām, kas tiks aplūkota šajā uzdevumā, ir smadzeņu attīrīšana no vielām, kas uzkrājušās, esot nomodā. Viena no šādām vielām ir adenoīns, kas ir ATP (adenozīna trifosfāta) pārstrādes produkts. Esot nomodā, adenoīns pamazām uzkrājas un veicina miegainību. Atbilžu lapā ieraksti atbildes uz jautājumiem!

(a) Zināms, ka ATP var tikt palaists ārā no neirona kopā ar kādu neurotransmiteri un ka starpsūnu telpā enzīmi ektonukleotidāzes var strauji pārstrādāt adenoīna fosfātus par adenoīnu. Paskaidro, kādēļ, jo ilgāk esi nomodā, jo vairāk adenoīna uzkrājas smadzenēs!

(b) Kā jau, visticamāk, zini kofeīns samazina miegainības sajūtu. Aplūko attēlu I.6. un izskaidro kofeīna darbības mehānismu!





I.6. Attēls. Kofeīna un adenoziņa struktūra.

### I-3. Par miega regulāciju, miega zālēm un nelegālajiem mutautiņiem [16 p.]

Smadzeņu struktūras, kas ir iesaistītas apziņas regulācijā, dēvē par retikulāro aktivizēšanas sistēmu (RAS). Šī sistēma sastāv no neironu kūļiem un nervu ceļiem, kas sākas smadzeņu stumbrā un hipotalāmā. RAS neironi stiepjas viscaur smadzeņu garozai, kā arī talāmā. Dažāda šo neironu aktivācija un inhibīcija ietekmē pāreju no nomodas uz miegu un otrādi. Nomodas stāvokli raksturo plaša garozas un talāma aktivācija, ko veic RAS. Neironi no smadzeņu stumbra izdala monoamīnērģiskos neirotransmiterus: noradrenālīnu, serotonīnu un histamīnu. Tādējādi šie neirotransmiteri ir iesaistīti smadzeņu aktivizēšanā. Tāpat arī neuropeptīds oreksīns jeb hipokretīns, ko izdala hipotalāma neironi, ir iesaistīti aktivizēšanas procesos, stimulējot monoamīnērģiskos RAS neironus. Vēl nozīmīgi ir neironi smadzeņu "miega centrā" (atrodas hipotalāmā). Šie neironi smadzeņu stumbrā un hipotalāmā izdala inhibitoro neirotransmiteri GABA (gamma-aminosviestskābe). GABA inhibē oreksīna un monoamīnu izdalīšanos neironos.

**3.1. Jaut. [2.5 p.]** Zināms, ka ilgstošas badošanās metaboliskie indikatori stimulē oreksīna izdalīšanos. Atbilžu lapā ieraksti savas atbildes uz jautājumiem:

- (a) Nosauc kādu no badošanās metaboliskajiem indikatoriem (piemēram, kādas vielas paaugstināta/samazināta koncentrācija)!
- (b) Kā ilgstoša badošanās ietekmē miegu?
- (c) Kāpēc varētu būt evolucionējusi šāda saistība starp organisma enerģētisko stāvokli un miegu?

Tuprmākajos uzdevumos noderīga informācija: agonists ir savienojums, kas aktivizē receptoru, savukārt antagonists ir savienojums, kas bloķē receptoru. Inhibitors – savienojums, kas kavē kādas ķīmiskas reakcijas norisi vai nomāc fizioloģisku norisi.

**3.2. Jaut. [1.5 p.]** Viena no plaši izmantotām miega zāļu grupām ir benzodiazepīni, kas mijiedarbojas ar postsinaptiskajiem GABA receptoriem. Ierakstot atbilžu lapā, paskaidro, vai benzodiazepīni ir šo receptoru agonisti vai antagonisti!

**3.3. Jaut. [2.5 p.]** Vēl viena viela, kas strādā uz GABA receptoriem centrālajā nervu sistēmā, ir hlороforms. Filmās šo savienojumu izmanto, lai ātri kādu iemidzinātu (padarītu bezsamaņā) ar samērcēta mutautiņa starpniecību, piespiežot to upurim pie deguna un mutes. Pieņem, ka vidējais cilvēks ieelpo 500 mL gaisa ieelpā, veic ieelpu 15 reizes minūtē, un, lai hlороforms to padarītu bezsamaņā, asinsritē jānokļūst 50 mL hlороforma. Tāpat arī pieņem, ka, elpojot mutautiņā, gaiss ir piesātināts ar 1500 ppm hlороforma (ppm jeb *parts per million* būtībā nozīmē, ka 1000000 mL gaisa ir 1500 mL hlороforma), bet no ieelpotā gaisa 50% hlороforma iekļūst plaušu kapilāros.

Aprēķini, cik minūtes upurim būtu jāelpo mutautiņā, lai tas nokļūtu bezsamaņā! Atbilžu lapā norādi arī savu aprēķinu gaitu!

Izvēlies pareizo variantu (punkti par šo netiks doti, bet ir svarīgi izpildīt):

Lai iemidzinātu vidēja izmēra cilvēku, es 1. *izmantošu (A)/neizmantošu (B)* ar hlороformu piesūcinātu mutautiņu, ne tikai tādēļ, ka tas ir 2. *veselībai ļoti, ļoti labi (A)/ļoti bīstami veselībai (B)*, bet arī tādēļ, ka tas ir ļoti 3. *efektīvi (A)/neefektīvi (B)*.

**3.4. Jaut. [2 p.]** Tālāk aplūkosim, kā divas cita veida zāles var ietekmēt miegu. Katrā gadījumā atbilžu lapā ieraksti, kādas blakusparādības (miegainība vai bezmiegs) var skart dotos pacientus, un paskaidro savu domu gājieni!

(a) Pacients, kas cieš no depresijas, lieto antidepresantu no grupas MAOI (monoamīnu oksidāzes inhibitori). Monoamīnu oksidāze ir enzīms, kas nervu šūnās noārda monoamīnus.

(b) Pacients, kuru sezonāli moka alerģiskas iesnas, lieto antihistamīnu prometazīnu.

**3.5. Jaut. [1.5 p.]** Izmantojot doto tekstu par miega regulāciju, piedāvā vēl kādu šajā uzdevumā neminētu savienojuma veidu, ko varētu izmantot kā miega zāles, un apraksti, kādēļ tas varētu strādāt! Ieraksti atbilžu lapā!

**3.6. Jaut. [2.5 p.]** Iztēlojies, ka tu vēlies izpētīt, kā tautā plaši izmantotais balderjānis (īstajā vārdā ārstniecības baldriāns) palīdz nomierināt un iemigt. Atbilžu lapā 4–6 teikumos apraksti, kādi būtu tavi pirmie pētījuma soļi mehānisma noskaidrošanai!

**3.7. Jaut. [3.5 p.]** Iztēlojies, ka tu vēlies atklāt/izveidot pats savu miega medikamentu. Atbilžu lapā 5–7 teikumos apraksti, kā tu rīkotos! Piemini arī savienojuma īpašības, kam tu pievērsīsi uzmanību! (Piebilde: Esi radošs! Nav vienas konkrētas atbildes, ko no tevis sagaida.)

## II UZDEVUMS

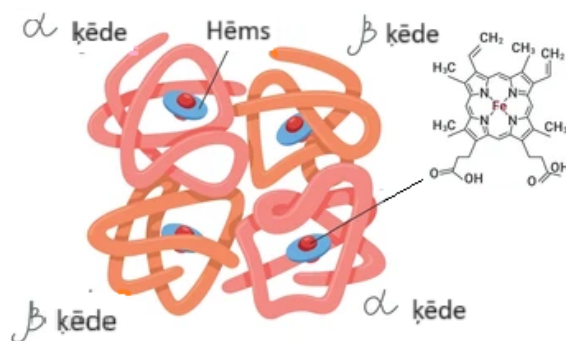
### DZELZS VĪRA MĪLĀKAIS PROTEĪNS [50 P.]

Šajā uzdevumā aplūkosim proteīna hemoglobīna dažādos aspektus, sākot no proteīnu struktūrām un beidzot ar to saistīto slimību ģenētiku. Hemoglobīns šobrīd nodrošina skābekli jūsu smadzenēm, lai spētu izpildīt sarežģītos BKO uzdevumus. Diemžēl vairāki miljoni zīdaiņu piedzimst ar iedzimtām hemoglobīna anomālijām.

#### II-1. Hemoglobīna uzbūve un funkcija [10 p.]

##### II-1.1. Proteīnu jautājumi [5 p.]

Hemoglobīns ir proteīns (jeb olbaltumviela), kas atrodas uz eritrocītu (sarkano asins šūnu) virsmas. Tas sastāv no 4 subvienībām – katra no globīna ķēdes un hēma. Hēma struktūras vidū ir dzelzs jons ( $\text{Fe}^{2+}$ ), kas saista vienu skābekļa molekulu.



II.1. Attēls. Hemoglobīna uzbūve.

**1.1. Jaut. [1 p.]** Atbilžu lapā atzīmē, kādi atomi eksistē hemoglobīna molekulā!

**1.2. Jaut. [1 p.]** Proteīnu struktūrām pastāv vairāki līmeņi. Uzraksti atbilžu lapā, kuram līmenim atbilst katrs no aprakstiem (atbilžu lapā: A – pirmējā struktūra; B – otrējā struktūra; C – trešējā struktūra; D – ceturtējā struktūra)!

1. Globīna ķēdes sastāv no alfa spirālēm.
2. Hemoglobīnu veido 2 alfa globīna ķēdes, 2 beta globīna ķēdes, kā arī 4 hēma grupas.
3. Beta globīna ķēdi veido 146 aminoskābes.
4. Alfa globīna ķēde ieņem trīsdimensionālu izvietojumu, balstoties uz aminoskābju sānķēžu mijiedarbībām.

**1.3. Jaut. [1.5 p.]** Nosauc vismaz 3 sānķēžu mijiedarbību veidus!

**1.4. Jaut. [1.5 p.]** Uzraksti visus proteīnu struktūras līmeņus, kuri tiks bojāti, karsējot asinis! Pamato, kāpēc tieši tie un ne citi!

##### II-1.2. Mutācija gēnā maina proteīna struktūru [5 p.]

Sirpjveida šūnu anēmiju izraisa mutācija  $\beta$  globīna ķēdē, kura izraisa hemoglobīna pavedienu veidošanos. Šīs īpašības dēļ eritrocīti zaudē savu normālo formu (diskveida šūnas ar iedobi vidū). Mutētais hemoglobīns nav tik efektīvs skābekļa transportā, kā arī izmainītās formas dēļ eritrocīti var nosprostot mazākus asinvadus (izraisot sāpes). Savvaļas tipa alēli sauc par HbA, mutanto – par HbS.

Normāla HbA alēle	GTG CAC CTG ACT CCT GAG GAG
Mutanta HbS alēle	GTG CAC CTG ACT CCT GTG GAG

**1.5. Jaut. [0.25 p.]** Kā sauc šāda veida mutāciju?

- a) Nolasīšanas rāmja nobīde
- b) Punktveida mutācija
- c) Hromosomas aberācija
- d) Indels (insercija vai delēcija)

UUU } Phe UUC } UUA } UUG }	UCU } UCC } Ser UCA } UCG }	UAU } Tyr UAC } UAA } Stop UAG }	UGU } Cys UGC } UGA } Stop UGG } Trp
CUU } CUC } Leu CUA } CUG }	CCU } CCC } Pro CCA } CCG }	CAU } CAC } His CAA } CAG } Gln	CGU } CGC } Arg CGA } CGG }
AUU } AUC } Ile AUA } AUG } Met	ACU } ACC } Thr ACA } ACG }	AAU } Asn AAC } AAA } AAG } Lys	AGU } Ser AGC } AGA } Arg AGG }
GUU } GUC } Val GUA } GUG }	GCU } GCC } Ala GCA } GCG }	GAU } Asp GAC } GAA } GAG } Glu	GGU } GGC } Gly GGA } GGG }

II.2. Attēls. Kodonu tabula.

Nepolāras	Polāras	Negatīvi lādētas
Glicīns (Gly) Alanīns (Ala) Valīns (Val) Cisteīns (Cys) Prolīns (Pro) Leicīns (Leu) Izoleicīns (Ile) Metionīns (Met) Tryptofāns (Trp) Fenilalanīns (Phe)	Serīns (Ser) Treonīns (Thr) Tirozīns (Tyr) Asparģīns (Asn) Glutamīns (Gln)	Asparģīnskābe (Asp) Glutamīnskābe (Glu)
		Pozitīvi lādētas
		Lizīns (Lys) Arginīns (Arg) Histidīns (His)

II.3. Attēls. Aminoskābju ķīmiskās īpašības.

Nākamajos divos jautājumos jums būs jāizmanto kodonu tabula (II.2.) un tabula, kurā aminoskābes sagrupētas pēc to ķīmiskajām īpašībām (II.3.).

**1.6. Jaut. [2 p.]** Uzraksti abu alēļu aminoskābju sekvenču fragmentus! Ņem vērā, ka dotās nukleotīdu secības ir no kodējošā pavediena (komplementārs matricas pavedienam)!

**1.7. Jaut. [2.75 p.]** Slimība tiek raksturota ar individuālu hemoglobīna molekulu salipšanu pavedienveida struktūrā. Nosaki pozīciju, kurā mutantās alēles aminoskābju sekvenču ir izmainīta, un salīdzini savvaļas tipa aminoskābi ar to, kas ir mutantā proteīnā! Atbilžu lapā izskaidro, kā šī mutācija ietekmē proteīna struktūru un kādēļ varētu rasties šāds fenotips!

## II-2. Hemoglobīna ģenētika [20 p.]

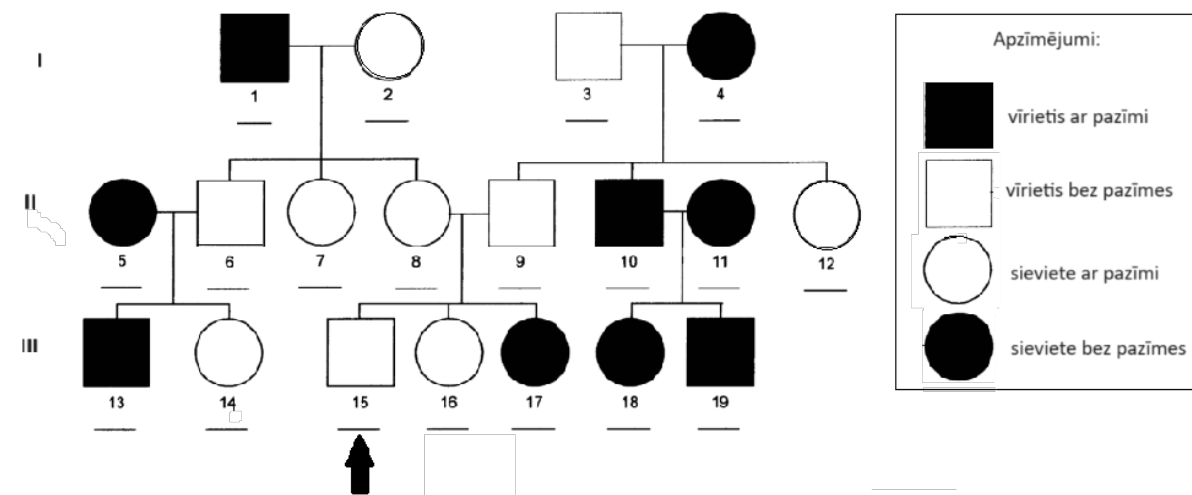
Kā tika apskatīts iepriekšējā apakšsadaļā, sirpjveida šūnu anēmija ir ģenētiska slimība. Tā kā jūs jau izskaidrojāt šīs slimības bioķīmiskos aspektus, ir laiks izprast, kā tā iedzimst.

### II-2.1. Ciltskoku analīze [14 p.]

Sirpjveida šūnu anēmija ir autosomāli recesīva slimība, lai gan reizēm var izpausties kā nepilnīgi dominanta. Heterozigotiem (saukti par sirpjveida šūnu anēmijas alēles nēsātājiem) var izpausties simptomi pazemināta gaisa spiediena apstākļos.

Uzdevumā izmantotie apzīmējumi: A – dominantā alēle; a – recesīvā anēmijas alēle.

Dzelzs vīrs plāno drīzumā precēties un pēc tam veidot ģimeni. Viņš ir satraukts par iespējamu sirpjveida šūnu anēmijas iedzimšanu, jo viņa ģimenē ir vairāki locekļi ar šo slimību.



II.4. Attēls. Dzelzs vīra ģimenes ciltskoks. Dzelzs vīrs ir apzīmēts ar numuru 15.

**2.1. Jaut. [1 p.]** Ja tev nebūtu zināms sirpjveida šūnu anēmijas iedzimšanas veids, nosauc vismaz vienu pazīmi, kas palīdzētu noteikt, ka ciltskokā attēlotā pazīme ir autosomāli recesīva!

**2.2. Jaut. [3.5 p.]** Atbilžu lapā ir dots II.4. attēlā parādītajam identisks ciltskoks. Uz svītriņām, kas atrodas zem katra ciltskoka locekļa, uzraksti genotipu! Ja kāds var būt gan homozigots dominants, gan heterozigots (jo nav pietiekami daudz informācijas), genotipu norādi kā A–!

**2.3. Jaut. [1.5 p.]** Piedāvā, ar kādu organismu būtu jākrusto organisms ar dominantu pazīmi, lai noteiktu tā genotipu, un izskaidro paredzamos rezultātus katrā gadījumā (tikai šajā jautājumā pieņem, ka cilvēkiem vienā pārošanās reizē rodas daudz pēcnācēju)!

**2.4. Jaut. [2.5 p.]** Neatkarīgi no atbildes 2.2. jautājumā, iztēlosimies, ka Dzelzs vīrs ir sirpjveida šūnu anēmijas alēles nēsātājs. Viņa sieva Emma Frosta, ar kuru viņš plāno radīt bērnu, arī ir nēsātāja. Kāda ir varbūtība (izteikta vienkāršās daļās), ka bērns būs:

- 1) vesela meitene;
- 2) slimis zēns?

**2.5. Jaut. [4 p.]** Ja tiek apskatīti gadījumi, kuros Dzelzs vīrs un Emma Frosta veido ģimeni ar vairākiem bērniem, ir svarīgi saprast, vai jautājumā bērnu genotipi ir doti noteiktā secībā vai bez secības. Gadījumā, kad ir dota secība, kopējā varbūtība ir individuālo varbūtību reizinājums, taču, kad secība nav dota, kopējā varbūtība ir individuālo varbūtību reizinājums reizināts ar kombināciju, kas atbilst situācijai, skaitu jeb

$$P = \frac{n!}{a!b!c!} p^a q^b r^c, \quad (\text{II-1})$$

kur  $n$  – kopējais notikumu skaits;

$a$  – A veida notikumu skaits;

$b$  – B veida notikumu skaits;

$c$  – C veida notikumu skaits;

$p$  – notikuma A varbūtība;

$q$  – notikuma B varbūtība;

$r$  – notikuma C varbūtība.

Kāda ir varbūtība, ka Dzelzs vīram un Emmai Frostai būs:

- 1) 3 bērni: pirmais vesels zēns, otrais heterozigots (jebkāda dzimuma), trešais slimis zēns;
- 2) 5 bērni: 2 veselas meitenes, 2 veseli zēni un 1 slimis meitene;
- 3) 5 bērni: 1 meitene nēsātāja, 1 zēns nēsātājs, 3 slimi bērni?

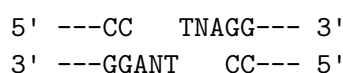
Atbildi pamato ar aprēķiniem!

**2.6. Jaut. [1.5 p.]** Uzzīmē ciltskoku iepriekšējā jautājuma 2.gadījumam, izmantojot apzīmējumus, kas doti šīs apakšsadaļas sākumā! Iekļauj tajā arī Emmas Frostas vecākus - izdomā viņu genotipus (bet tā, lai Emmas Frostas genotips var būt heterozigots) un pieraksti tos zem viņu simboliem! Ievēro ciltkoka zīmēšanas noteikumus!

## II-2.2. Molekulārās ģenētikas metodes [6 p.]

Tā kā reizēm no ciltskoka nevar skaidri noteikt kāda genotipu, mūsdienās ir atklātas daudzas precīzākas metodes, sauktas arī par ģenētiskās testēšanas metodēm.

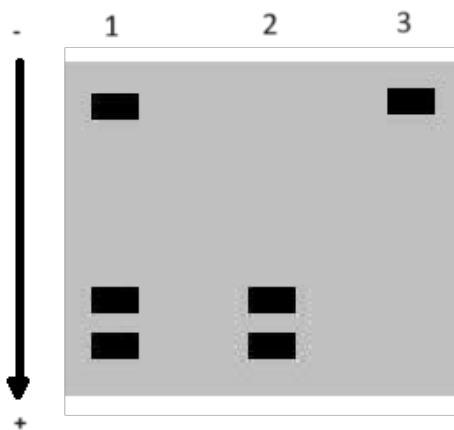
Pirmā šeit apskatāmā metode ir restrikcijas fragmentu garumu polimorfismi (RFLP). Restrikcijas enzīmi šķēļ DNS specifiskās vietās ar noteiktu secību. Piemēram, enzīms MstII šķēļ DNS pie secības CCTNAGG (N – jebkurš nukleotīds), veidojot lipīgos galus:



Normālā  $\beta$  globīna gēnā ir sekvenca 5' ---CCTGAGG--- 3'. Sirpjveida šūnu anēmijas  $\beta$  globīna gēnā ir sekvenca 5' ---CCTGTGG--- 3'.

**2.7. Jaut. [1 p.]** Pieņemot, ka  $\beta$  globīna gēnā nav citu MstII restrikcijas saitu, kuru alēli (normālo vai ar mutāciju) šķēļ šis restrikcijas enzīms? Atbildi pamato!

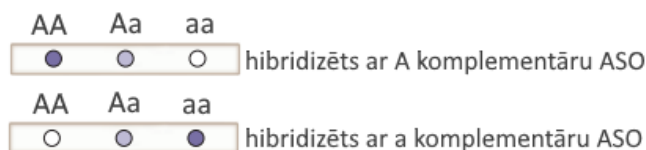
**2.8. Jaut. [1.5 p.]** II.5. attēlā doti elektroforēzes rezultāti 3 dažādiem paraugiem. Atbilžu lapā pretī katram genotipam ieraksti elektroforēzes rezultāta numuru!



II.5. Attēls. 3 dažādi gēla elektroforēzes rezultāti pēc šķelšanas ar MstII.

**2.9. Jaut. [1.5 p.]** Kāpēc, tavuprāt, šo metodi nevar izmantot citu ģenētisku slimību testēšanai?

Otrā metode ir alēles-specifiskā oligonukleotīdu (ASO) testēšana. DNS tiek denaturēts, lai atvērtu dubultspirāli un iegūtu vienpavediena DNS. Ja pievieno oligonukleotīdu (īsu vienpavediena DNS fragmentu), kurš ir komplementārs testējamajam DNS reģionam, tad izveidojas divpavedienu reģions. Lai vizualizētu, vai notikusi komplementāra savienošana, oligonukleotīdam pievieno molekulu, kas fluorescē, kad ir atrasts komplementārs reģions. ASO izstrādā tik precīzus, ka tie spēj atšķirt pat tikai viena nukleotīda nomaiņu. Lai veiktu testēšanu, izmanto gan normālajai, gan sirpjveida šūnu anēmijas alēlei specifiskus oligonukleotīdus.



II.6. Attēls. Membrāna, kurai uzklāts testējamais DNS un alēles-specifiskais oligonukleotīds. Tumšāks aplītis nozīmē vairāk fluorescences.

**2.10. Jaut. [1 p.]** Abu alēļu fragmentu sekvences ir:

Normāla HbA alēle (A)  
 5'-GACTCCTGAGGAGAAGT-3'  
 3'-CTGAGGACTCTCTTCA-5'  
 Mutanta HbS alēle (a)  
 5'-GACTCCTGTGGAGAAGT-3'  
 3'-CTGAGGACCTCTTCA-5'

Uzraksti, kurai alēlei hibridizēsies (komplementāri savienosies) ASO ar secību 5'-GACTCCTGAGGAGAAGT-3'!

**2.11. Jaut. [1 p.]** Retāka sirpjveida šūnu anēmijas forma (saukta par HbSC slimību) ir, kad beta globīna kodējošā gēna genotips sastāv no HbS alēles un HbC alēles. HbC mutācija ir tajā pašā aminoskābju sekvenču pozīcijā, kurā HbS, bet aminoskābe, uz kuru tiek nomainīta, ir lizīns. Atbilžu lapā apvelc, kā izskatītos testa rezultāts personai ar šo slimību!

## II-3. Ekstra uzdevumi gudrīšiem [20 p.]

### II-3.1. Hārdija–Veinberga likums [10 p.]

Sirpjveida šūnu anēmija var būt letāla, tomēr dabiskās izlases rezultātā HbS alēle nav izzudusi no populācijas. Tā vietā, lai tās biežums jeb frekvence laika gaitā samazinātos, Āfrikā alēles frekvence palikusi relatīvi nemainīga. Izrādās, ka heterozigots genotips sniedz lielākas priekšrocības nekā homozigots dominants, jo viena HbS alēle

samazina indivīda saslīmšanu ar malāriju, kas ir sastopama Āfrikas valstīs. Šādu fenomenu sauc par heterozigota priekšrocību.

Lai aprakstītu alēļu frekvences populācijā, tiek izmantots Hārdija–Veinberga vienādojums. Vienādojumā izmantotie apzīmējumi ir  $p$  (dominantās alēles frekvence, šajā uzdevumā A alēles frekvence) un  $q$  (recesīvās alēles frekvence, šajā uzdevumā a alēles frekvence). Alēļu frekvenču summai vienmēr jābūt vienādai ar 1 jeb  $p + q = 1$ . Izmantojot alēļu frekvences, var iegūt genotipu frekvences: homozigots dominants  $p^2$ , heterozigots  $2pq$  un homozigots recesīvs  $q^2$ .

**3.1. Jaut. [0.75 p.]** Aptuveni 4% Āfrikas populācijas ir ar sirpjveida šūnu anēmiju. No šīs informācijas aprēķini  $p$  un  $q$ ! Parādi aprēķinu gaitu!

**3.2. Jaut. [1.5 p.]** Izmantojot aprēķinātās alēļu frekvences, uzraksti visu 3 iespējamo genotipu frekvences!

**3.3. Jaut. [1.25 p.]** Ja ir zināms, ka 56% populācijas ir AA, 40% Aa, bet 4% aa, vēl viens veids, kā aprēķina alēļu frekvences, ir saskaitīt genotipa, kur alēle ir homozigotiskā stāvoklī, frekvenci ar pusi no genotipa, kur alēle ir heterozigotiskā stāvoklī, frekvences. Aprēķini  $p$  un  $q$  šādā veidā, parādot aprēķinu gaitu!

Hārdija–Veinberga līdzsvars raksturo neevolucionējošu populāciju. Lai pārbaudītu, vai līdzsvars izpildās, jāsalīdzina, vai 3.2 jautājumā iegūtās genotipu frekvences sakrīt ar 3.3 jautājumā dotajām. Tomēr arī līdzsvara situācijā ir iespējamās nelielas novirzes. Lai noskaidrotu, vai atšķirības ir statistiski nozīmīgas, biologi izmanto hī kvadrāta testu. Hī kvadrāta testu nav iespējams izmantot frekvencēm, bet ir zināms, ka Āfrikas pilsētas Marakabei populācijā ir aptuveni 1585 iedzīvotāju. Hī kvadrāta formula ir

$$\chi^2 = \sum \frac{(O - E)^2}{E}, \quad (\text{II-2})$$

kur O – iedzīvotāju skaits ar konkrēto genotipu, kas aprēķināts, izmantojot frekvenci no 3.3 jautājuma;  
E – iedzīvotāju skaits ar konkrēto genotipu, kas aprēķināts, izmantojot frekvenci no 3.2 jautājuma atbildes.  
Summas zīme tiek izmantota, jo ir 3 genotipi.

**3.4. Jaut. [4 p.]** Kāda ir iegūtā  $\chi^2$  vērtība? Atbilžu lapā iekļauj aprēķinu gaitu!

**3.5. Jaut. [1 p.]** Lai atbildētu uz jautājumu, vai Marakabei populācija atbilst Hārdija–Veinberga līdzsvaram (attiecinā uz beta globīna gēnu), jāsalīdzina, vai hī kvadrāta vērtība ir lielāka par 5,99. Populācija ir līdzsvarā tad, ja  $\chi^2 < 5,99$ . Atbilžu lapā ieraksti, vai populācija ir līdzsvarā!

**3.6. Jaut. [1.5 p.]** Kā medicīnas attīstība var ietekmēt slimību izraisīto alēļu frekvenci?

### II-3.2. Skābekļa transports [5 p.]

Hemoglobīna spēju saistīt skābekli ir iespējams raksturot ar hemoglobīna–skābekļa afinitātes līkni, kas attēlota II.7. attēlā. Tai ir sigmoīda forma, ko rada kooperativitāte (katra subvienība saista vienu skābekli, hemoglobīna spēja saistīt skābekli palielinās pēc tam, kad kāda no subvienībām jau piesaistījusi O<sub>2</sub>).

**3.7. Jaut. [0.5 p.]**  $P_{50}$  ir skābekļa parciālspiediens, pie kura 50% heboglobīna ir saistījies O<sub>2</sub>. No grafika II.7. nosaki  $P_{50}$  vērtību!

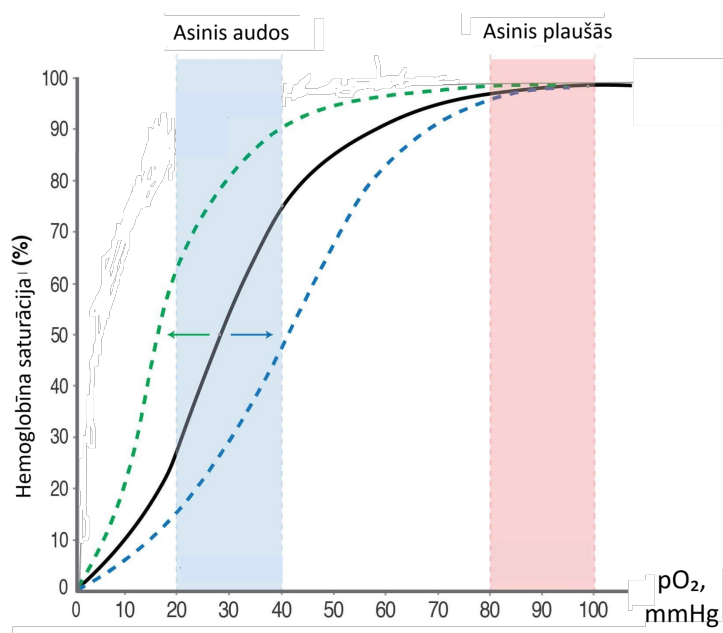
**3.8. Jaut. [2 p.]** Apakšējā līkne attēlo situāciju, kad ir nepieciešams vairāk skābekļa, piemēram, treniņa laikā. Paskaidro, kāpēc ir nepieciešama zemāka afinitāte skābeklim! (Vai tad vairāk O<sub>2</sub> nedabūtu, palielinot saistīšanu?) Ņem vērā, kur ķermenī hemoglobīns saistīs un kur atbrīvos O<sub>2</sub>!

**3.9. Jaut. [2.5 p.]** Hemoglobīna afinitātes skābeklim samazināšanās treniņa laikā daļēji ir izskaidrojama ar to, ka palielinās CO<sub>2</sub>, hemoglobīna allostēriskā inhibitora, koncentrācija. Hemoglobīns saista CO<sub>2</sub>, lai novērstu acidozi (pH samazināšanos), un strādā kā bufersistēma. Izskaidro, kas ir bufersistēma un kādēļ tāda ir vajadzīga!

### II-3.3. Globīna gēnu ģimenes evolūcija [5 p.]

Dabiskā izlase var izvēlēties organismus ar labvēlīgām mutācijām, kas uzlabo proteīnu. Taču šādas mutācijas notiek ļoti reti, tā kā lielākā daļa mutāciju ir neitrālas vai kaitīgas. Lai tiktu virzīts evolūcijas process, gēni mēdz duplicēties - kamēr viens pilda normālo funkciju, otrs var uzlaboties.

**3.10. Jaut. [0.5 p.]** Kā sauc šādu evolucionāru procesu, kura laikā organismi vai atsevišķi gēni uzkrāj atšķirības, lai gan ir ar vienu evolucionāro senci?



II.7. Attēls. Hemoglobīna-skābekļa afinitātes likne. Tā attēlo, cik liela hemoglobīna daļa ir saistīta ar  $O_2$  atkarībā no skābekļa parciālspiediena. Normāla likne ir attēlota ar neraustītu līniju.

Agrāk bija tikai viens globīna gēns. Tas duplicējās, veidojot  $\alpha$  globīna gēnu un  $\beta$  globīna gēnu. Interesanti, ka viens no gēniem tika pārvietots tā, ka abi atrodas uz dažādām hromosomām ( $\alpha$  16.hromosomā,  $\beta$  11.hromosomā). Pēc tam notika daudz dažādu duplikāciju un mutāciju, kas nozīmē, ka abiem globīna gēniem ir vairāki paveidi, daži no kuriem ir aktīvi tikai embrionālās attīstības laikā. Šādu līdzīgu gēnu grupu ar vienotu izcelsmi sauc par gēnu ģimeni.

Tabulā, kas ir II.8. attēlā, ir bijušas salīdzinātas gēnu kodēto polipeptīdu sekvenču (tādēļ šo var saukt arī par proteīnu ģimenes filoģenētiku). Sekvenču ir salīdzinātas pa pāriem, un tabulā dots identisko aminoskābju daudzums starp abām, izteikts procentos no kopējā sekvenču garuma. Jo nesenāk kādi globīna gēni ir diverģējušies, jo identiskākas būs to polipeptīdu sekvenču.

Aminoskābju sekvenču identitāte									
$\alpha$ ģimene					$\beta$ ģimene				
		$\alpha_1$ (alpha 1)	$\alpha_2$ (alpha 2)	$\zeta$ (zeta)	$\beta$ (beta)	$\delta$ (delta)	$\epsilon$ (epsilon)	$A_\gamma$ (gamma A)	$G_\gamma$ (gamma G)
$\alpha$ ģimene	$\alpha_1$	----	100	60	45	44	39	42	42
	$\alpha_2$		----	60	45	44	39	42	42
	$\zeta$			----	38	40	41	41	41
$\beta$ ģimene	$\beta$				----	93	76	73	73
	$\delta$					----	73	71	72
	$\epsilon$						----	80	80
	$A_\gamma$							----	99
	$G_\gamma$								----

II.8. Attēls. Aminoskābju sekvenču identitāte starp dažādiem globīniem.

**3.11. Jaut. [0.5 p.]** Izskaidro, kādēļ nav aizpildīta visa tabula!

Lai uzzīmētu filoģenētisko koku, jāsaprot daži pamatprincipi: līnijas, kas savieno objektus (gēnus, proteīnus, sugas vai citas sistemātiskās vienības) sauc par zariem, un vieta, kur viens zars sadalās vairākos, apzīmē nesenāko evolucionāro senci; pēc atdalīšanās no senča objekti mainās neatkarīgi viens no otra un uzkrāj atšķirības, kuras radušās mutāciju rezultātā. Šajā uzdevumā tas izpaužas tā, ka, jo nesenāks ir 2 sekvenču nesenākais evolucionārais senci (atdalīšanās vieta atrodas vairāk pa labi), jo līdzīgākas ir sekvenču viena otrai.

**3.12. Jaut. [4 p.]** Atbilžu lapā aizpildi globīna gēnu/proteīnu ģimenes filoģenētisko koku, ierakstot atbilstošos sekvenču apzīmējumus lodziņos!



### III UZDEVUMS

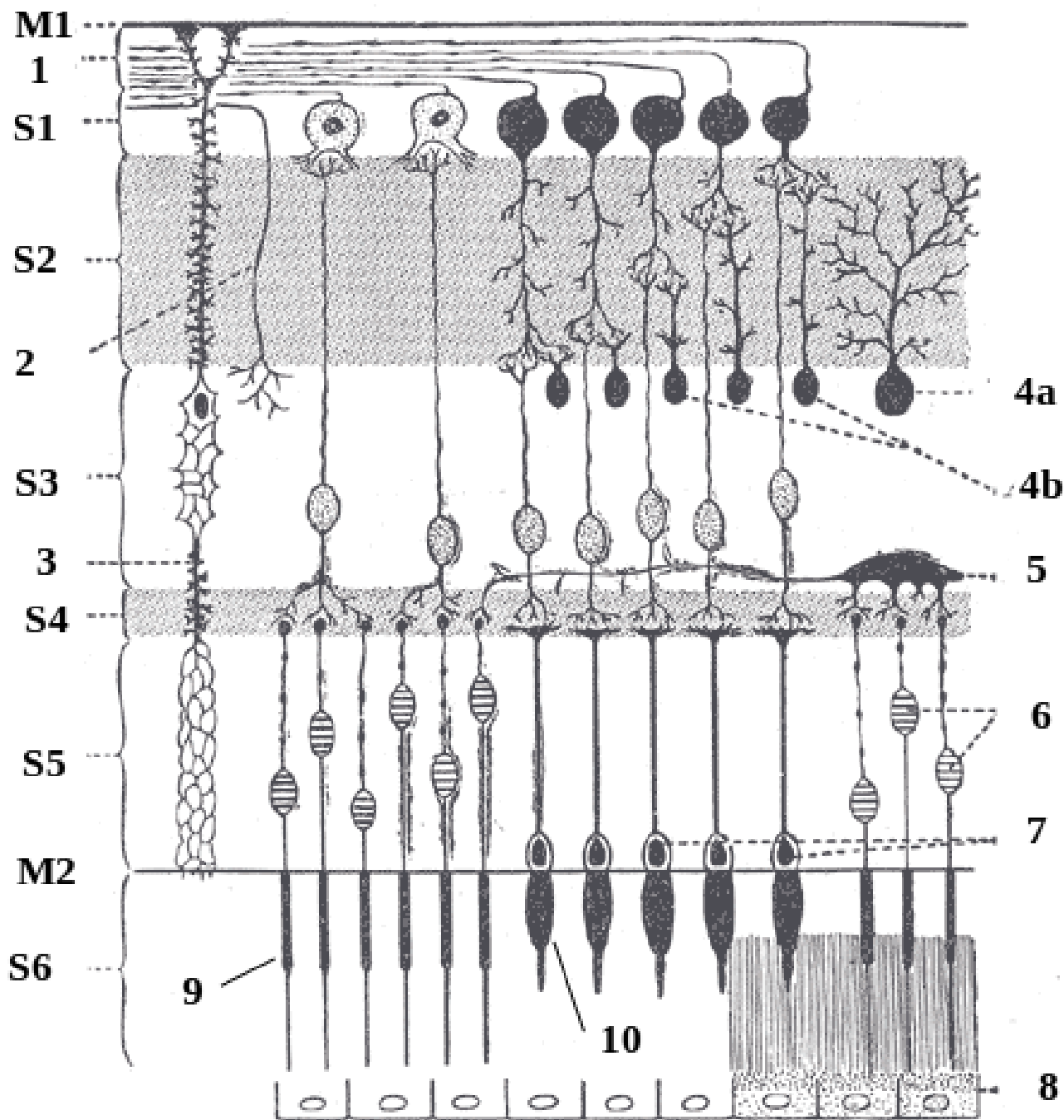
## FOTONU SKAITĪŠANA ACS TĪKLENĒ [50 P.]

Mūsu planētas primārais enerģijas avots ir saules gaisma, kas nerada pārsteigumu tam, ka organismos sastopamas ļoti daudzas molekulārās sistēmas, kas mijiedarbojas ar gaismu, — augu fotosistēmas, sēņu fitohromi un, protams, dzīvnieku acis. Šajā uzdevumā aplūkosim fotoreceptorus no *biofizikāla* viedokļa — cik labi to darbību var raksturot kā viena fotona detektoru? Izmantosim varbūtību teoriju, lai raksturotu fotonu detekciju.

#### III-1. Vai mūsu acis ir īpašas? [20 p.]

**1.1. Jaut. [3 p.]** Uzzīmē cilvēka aci šķēsgriezumā caur zīlīti un redzes nervu un ar bultiņām skaidri attēlo tajā: (1) tīkleni, (2) radzeni, (3) dzīsleni, (4) cīpsleni, (5) ūdeņaino šķidrumu (*aqueous humour*), (6) stiklveida ķermeni (*vitreous humour*).

**1.2. Jaut. [1 p.]** Kāda veida acis ir (a) cilvēkam, (b) augļmušai, (c) zirneklim, (d) plakantārpam?



III.1. Attēls. Acs slāņa A zīmējums. (Krāsojums ir maldinošs.)

Pāriesim uz šūnu līmeni. Iepazīsties ar zemāk doto tekstu un III.1. attēlu un atbilde uz zemāk esošajiem jautājumiem; *ievēro, ka augsta līmeņa anatomijas termini ir norādīti kā bonusa jautājumi!* Nav svarīgi zināt to nosaukumu, bet gan izprast funkciju un būtību no attēla un apraksta!

III.1. attēlā redzams cilvēka acs slāņa **A** uzbūves zīmējums. Tas sastāv no divām robežmembrānām **M1** un **M2**, kas sadala **A** divās daļās — **B** (starp **M1** un **M2**) un **C** (audi **8** un slānis **S6**) — ar atšķirīgām funkcijām. Audi **8** spēj labi absorbēt gaismu. Signāla apstrādes neirons **5**, kas laterāli savieno neironus un kalpo kontrasta pastiprināšanai, ir ļoti izteiktas formas (un virzienā), kas veido tā nosaukumu. Gan **4a**, gan **4b** šūnas izmanto gamma aminosviestkābi un glicīnu kā neirotransmiterus. Slāņi **S2** un **S4** galvenokārt sastāv no aksonu, dendrītu un sinapšu tīkla, kas veido to nosaukumu.

Cilvēka smadzeņu “aktīvo” daļu iedala garozā un kodolos jeb bazālajos **L** — slāņa **S1** šūnas ir savienotas (caur nervu **1**) ar nervu sistēmas daļu **L**, kas veido **S1** nosaukumu (piezīme: *ne bazālos L* tipiski asociē ar perifēro nervu sistēmu). Šūnas nervu sistēmā iedala neironos un **N** šūnās jeb palīgšūnās, no kurām šūna **3** ir nosaukta kāda zinātnieka vārdā un ir specializējusies ļoti labi atstarot gaismu pret savu membrānu; šis uzvārds arī dod nosaukumu embrija reproduktīvās sistēmas vadiem jeb paramesonefriskajiem vadiem, kuri anti-[uzvārds] hormona ietekmē diferencējas par vīrišķajiem vai sievišķajiem reproduktīvajiem orgāniem.

Slānis **S6** satur fotoreceptorus **9** un **10**, kuri savienoti ar granulām **6** un **7** slāņos **S3** un **S5**, kuru nosaukumi radušies attiecīgi; granulas satur īpašas vielas, kuras spēj **P** (fizikāls process); šo vielu klātbūtne acu ārstam atļauj uzņemt acs slāņa **S5** attēlu sekojoši: uz acs uzspīdina īsu zilās (vai ultravioletās) gaismas pulsus un tad uzņem attēlu no zaļiem un sarkaniem gaismas viļņiem. Slānis **S5** arī satur noteiktu neirona šūnas daļu **K**, kas norobežota ar dubultmembrānu.

**1.3. Jaut. [6 p.]** Balstoties uz doto tekstu un III.1. attēlu, atšifrē sekojošos terminus! Ar (★) atzīmētie termini ir **bonusa jautājumi** — skaitīti pie uzdevuma kopsummas līdz max. 50 p.; katrs [1.5 p.].

<b>A</b>	<b>1</b>	<b>7 (★)</b>	<b>M2</b> Iekšējā / ārējā
<b>K</b>	<b>3 (★)</b>	<b>8</b>	<b>S1 (★)</b>
<b>L</b>	<b>4a &amp; 4b (★)</b>	<b>9</b>	<b>S2 &amp; S4 (★)</b>
<b>N</b>	<b>5 (★)</b>	<b>10</b>	<b>S3 &amp; S5 (★)</b>
<b>P</b>	<b>6 (★)</b>	<b>M1</b> Iekšējā / ārējā	<b>S6</b>

**1.4. Jaut. [10 p.]** Balstoties uz doto tekstu un III.1. attēlu, atbilde uz sekojošajiem jautājumiem!

- (I) No kuras struktūras acī membrāna **M1** atdala daļu **A**? *Mājiens: skatīt 1.1. jautājumu.* [0.5 p.]
- (II) Kurā pusē (zem **8** ☐ vai virs **M1** ☐) atrodas acs asinsvadi? [0.5 p.]
- (III) Kāda ir daļas **B** funkcija? [0.75 p.]
- (IV) Kāda ir daļas **C** funkcija? [0.75 p.]
- (V) Aplūkosim, no kuras puses (sākot no **M1** uz leju vai no **8** uz augšu) gaisma ceļo cauri acs daļai **A**.
  - (a) Ja gaisma ceļotu attēlā uz augšu, raksturo, kas notiktu ar fotonu slānī **8**, pirms ☐ / pēc ☐ tas sasniedz fotoreceptoru! [0.5 p.]
  - (b) Ar kurām *trīs* skaitliski apzīmētajām struktūrām mijiedarbojas gaisma? [0.5 p.]
  - (c) Kurā virzienā ceļo gaisma? Uz augšu ☐ / uz leju ☐. Paskaidro atbildi. [0.5 p.]
- (VI) Kāds ir iemesls audiem **8** absorbēt gaismu? Ja šo audu nebūtu, izvirzi hipotēzi, kas mainītos redzē! [1.5 p.]
- (VII) Kāda ir šūnas **3** funkcija? No fizikas viedokļa, kādam fizikālam objektam ir līdzīga funkcija?  
*Mājiens: 5G internets.* [1.5 p.]
- (VIII) Kāda veida neirotransmiteri ir gamma aminosviestkābe un glicīns? [1 p.]
- (IX) Kāda ir **4a** un **4b** funkcija redzē? [1 p.]
- (X) Kuri slāņi (izvēlies no **S1**, **S2**, **S3**, **S4**, **S5**, **S6**) līdzinās smadzeņu baltajai vielai, bet kuri — pelēkajai? Pamato atbildi (bez skaidrojuma 0 p.)! *Piezīme: iekrāsojums III.1. attēlā ir maldinošs.* [1 p.]
- (XI) Kāda ir atbilde uz dzīvības, visuma un visa pārējā visbūtiskāko jautājumu?

## Informācija un atkārtojums: Puasona process

Atminies no varbūtību teorijas kursa vidusskolā, ka, lai raksturotu kāda notikuma varbūtību nepieciešama varbūtības masas (blīvuma) funkcija, piemēram, metamā kauliņa gadījumā tā ir  $1/6$  katram iespējamajam skaitlim. Bet šo varbūtību dalījumam nav obligāti jābūt identiskam, piemēram, ja Markuss zem metamā kauliņa 6 ievietoja mazu svina lodīti, tad kauliņš biežāk uzkrītīs uz 6, un sadalījuma funkcijas  $f$  vērtība pie 6 būs lielāka  $f(6) > f(1)$ ; summai starp visu vērtību varbūtībām jābūt 1 jeb 100%, jo kauliņa metienam vienmēr ir iznākums. Šajā piemērā

$$\sum_{n=1}^6 f(n) = f(1) + f(2) + f(3) + f(4) + f(5) + f(6) = 1.$$

Atminies, ka grieķu burts lielā sigma  $\sum$  ir summas simbols, kur tiek saskaitītas  $f(n)$  vērtības, ievietojot naturālu skaitli  $n$  no 1 līdz 6. Bezgalīgas summas  $\sum_{n=1}^{\infty} f(n)$  gadījumā, ņemot lielāku un lielāku  $N$  vērtību, nebezgalīgās summas no  $n = 1$  līdz  $n = N$  vērtībai  $\sum_{n=1}^N f(n)$  jātuvojas noteiktam skaitlim; citādi bezgalīgā summa neeksistē. Piemēram, summa  $\sum_{n=0}^{\infty} 1/2^n = 2$  eksistē, bet  $\sum_{n=1}^{\infty} n$  un  $\sum_{n=1}^{\infty} 1/n$  neeksistē. Ievēro, ka summu ir iespējams sadalīt:  $\sum_{n=1}^{2024} f(n) = \sum_{n=1}^{2000} f(n) + \sum_{n=2001}^{2024} f(n)$  un līdzīgi arī bezgalīgas summas gadījumā (kur 2024 vietā ir  $\infty$ ).

Ir iespējamas arī bezgalīgi daudz iespējas iznākumam. Piemēram, olbaltumviela ir iezīmēta ar radioaktīvu elementu, kur blakus paraugam novietots Geigera mērītājs, kas skaita, cik radioaktīvās daļiņas ir saņemtas sekundē; ja ir zināma vidējā vērtība sekundē šim skaitam, to rēķinot ļoti ilgā laikā, tad iespējams paredzēt varbūtību, ka mērītājs iepīkstēsies  $n$  ( $n = 0, 1, 2, 3, \dots$ ) reizes vienā sekundē (mērījuma ilgums), kur  $n$  pēc būtības var būt jebcik liels. Varbūtību, ka mērītājs iepīkstēsies  $n$  reizes raksturo Puasona sadalījuma varbūtības masas (blīvuma) funkcija  $P(n)$ . Lai eksistētu bezgalīgā summa  $\sum_{n=0}^{\infty} P(n) = 1$ , funkcijas  $P(n)$  vērtībai pie ļoti liela  $n$  ir ļoti strauji jātuvojas nullei — šis tiešām ir patiesi; šajā uzdevumā pieņem, ka visas bezgalīgās summas eksistē (konverģējas).

## III-2. Tumsā uzkāpu uz LEGO klucīša: minimālais fotonu skaits, ko cilvēka acs spēj redzēt [30 p.]

Pagājušā gadsimta 11. gadā slavenais fiziķis Lorencs, sēžot lekciju zālē, padzirdēja par eksperimentu, kur tumšā istabā ik pa laikam eksperimentētājs pret dalībnieka aci raida ļoti vāju gaismas staru; minimālā 700 nm sarkanās gaismas enerģija, ko dalībnieks spēja redzēt bija 177 eV (elektronvolti;  $1 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ J}$ ). Skolā mācījies, ka viena fotona enerģiju  $E$  nosaka tikai tās frekvence  $\nu$  (Grieķu burts  $\nu$ ) ar proporcionalitātes konstanti  $h = 6,6 \times 10^{-34} \text{ Js}$  — Planka konstante —, proti,  $E = h\nu$ . Kopējā enerģija reti izkliedētiem  $n$  fotoniem būs enerģiju summa; pie vienādas frekvences,  $E = nh\nu$ .

**2.1. Jaut. [1.5 p.]** Balstoties uz Lorenca datiem, kāds ir minimālais sarkanu fotonu skaits gaismas pulsā, ko spēj redzēt cilvēks? *Neaizmirsti aprēķinos formulās norādīt un pareizi saīsināt mērvienības!*

Apskatīsim ļoti vājas gaismas avotu. Ar noteiktu ātrumu (ang. *rate*)  $r$  acs ik pēc nejauša laika detektēs fotonu, tātad redzēs gaismu; vidējais fotonu skaits  $M$ , ko redzēs pietiekoši ilgā laikā  $T$  tātad būs  $M = rT$ . Uzsvars ir uz “vidējais” skaits — ja vēlamies raksturot precīzu skaitu  $n$  fotonu šajā laikā, tad to iespējams izdarīt tikai izmantojot varbūtības; atminies, ka process, kurā ar konstantu ātrumu pēc nejaušības principa norisinās notikums noteiktu skaitu reižu ir Puasona process — varbūtība, ka tiks detektēti  $n$  fotoni ar vidējo vērtību  $M$  ir

$$P_M(n) = e^{-M} \frac{M^n}{n!}, \quad (\text{III-1})$$

kur izsaukuma zīme apzīmē faktoriāli;  $n! = n \cdot (n-1)!$  un  $5! = 5 \cdot 4 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 1 = 120$ . Ja avota gaismas intensitāte ir  $J$ , tad pie pietiekoši ilga laika vidējā vērtība ideālā gadījumā būs  $JT$ ; bet acs nav ideāla — ne visi fotoni, kas sasniedz tiklenes ārpusi tiek līdz fotoreceptoram, un izraisa tā atbildi, proti, daļu absorbē citas acs daļas, daļa tiek atstarota, utml. Pietiekoši ilgā laikā visi procesi, kas samazina šo fotonu skaitu būs līdzsvaroti un noteikta proporcija izraisīs fotorecepta atbildi, tātad  $M = \alpha JT$ , kur  $\alpha$  ir proporcionalitātes konstante.

Vienkāršojot situāciju, pietiekoši īsā laikā  $T$  varam teikt, ka cilvēks teiks, ka redz gaismu, ja acs fotoreceptori saskaitīs šajā laikā vismaz  $K$  fotonus, kur  $K$  ir minimālais fotonu skaits, ko var detektēt tiklene. Tā kā svarīgs ir tikai skaits, to var padarīt lielāku pagarinot laiku  $T$  vai avota intensitāti  $J$ ; tātad cilvēka atbildi ietekmē tikai “gaismas pulsa intensitāte”  $I = JT$ , no kā izriet  $M = \alpha I$ . Turpmāk uzdevumā izmantosim tikai mainīgos  $K$ ,  $M$ ,  $\alpha$  un  $I$ .

**2.2. Jaut. [7.5 p.] (Bonusa jautājums.)** Varbūtība, ka cilvēks redzēs gaismas pulsu  $P_{\text{redz},K}(I)$  pie noteikta minimālā skaita  $K$  ir summa Puasona varbūtībām sākot no  $n = K$  līdz  $n$  bezgalībai

$$P_{\text{redz},K}(I) = \sum_{n=K}^{\infty} P_{\alpha I}(n),$$

kur  $P_{\alpha I}(n)$  aprēķina pēc III-1. vienādojuma (kur  $M = \alpha I$ ). Izved, ka šo varbūtību var aprēķināt kā

$$P_{\text{redz},K}(I) = 1 - e^{-\alpha I} \sum_{n=0}^{K-1} \frac{(\alpha I)^n}{n!}. \quad (\text{III-2})$$

*Mājiens: Vari lieti izmantot eksponentes definīciju, proti, ka  $e^x = \sum_{n=0}^{\infty} x^n/n!$ .*

**2.3. Jaut. [2.5 p.]** (a) Aprēķini par cik samazinās varbūtība redzēt pulsu, ja minimālais redzamais fotonu skaits pieaug no  $K$  uz  $K + 1$ . Izsaki atbildi atkarībā no  $\alpha, I, K$ . [1.5 p.]

(b) Pie kādas  $M = \alpha I$  vērtības šī atšķirība ir maksimāla? [1 p.]

Kolumbijas Universitātes Biofizikas laboratorijā Ņujorkā divdesmitā gadsimta 30. un 40. gados trīs zinātnieki S. Hēts, S. Šlērs un M.H. Pirens veica eksperimentu, kur tumšā telpā sēdēja viens no trijotnes (dalībnieks), bet kāds cits (eksperimentētājs) ik pa laikam pēc nejauša intervāla bez skaņas ieslēdza uz īsu brīdi gaismas avotu ar noteiktu pulsa intensitāti, tātad noteiktu fotonu skaitu; bija tik tumšs, ka nevarēja redzēt otru cilvēku. Ja dalībnieks ieraudzīja gaismu, viņš iesaucās; eksperimentētājs pierakstīja, cik reizēs dalībnieks spēja pareizi redzēt gaismu pie noteiktas pulsa intensitātes. Dati doti III.1. tabulā.

S.H.		S.S.		M.H.P.	
$I, \#$	$P_{\text{redz}}, \%$	$I, \#$	$P_{\text{redz}}, \%$	$I, \#$	$P_{\text{redz}}, \%$
37,1	0	24,1	0	37,6	6
58,5	7,5	37,6	4	58,6	6
92,9	40	58,6	18	91	24
148,6	80	91	54	141,9	66
239,3	97,5	141,9	94	221,3	88
386,4	100	221,3	100	342,8	100

III.1. Tabula. Cik reizes no visām testa dalībnieks (kolonnas augšā — katrs no trīs autoriem) spēja redzēt gaismas pulsu,  $P_{\text{redz}}, \%$ , atkarībā no pulsa intensitātes  $I$ , izteiktas fotonu skaitā  $\#$ , kas sasniedz radzeni.

**2.4. Jaut. [7.5 p.] (Bonusa jautājums.)** Atminies, ka  $x = I$  un  $y = P_{\text{redz},K}(I)$ . Mēģināsim atrast  $\alpha$  vērtību katram zinātniekam; lai to izdarītu ir jāpārveido III-2. vienādojums lineārā formā  $f(x, y) = g(\alpha)h(x, y) + C$ , kur  $f, g, h$  ir funkcijas un  $C$  ir konstante; uz abscisu ass liekot  $h(x, y)$  un uz ordinātu ass  $f(x, y)$ , grafiski varēs nolasīt  $g(\alpha)$  vērtību, no kuras varēs aprēķināt  $\alpha$ . Pārveidojot III-2. vienādojumu, izved zemāk doto lineāro formu:

$$\ln\left(\frac{y}{x^K}\right) = -\alpha(1 - \delta)x + C, \quad (\text{III-3})$$

kur  $0 < \delta < 1$  ir konstante. Konstantes  $C$  vērtība nav svarīga. Ar  $\ln$  ir apzīmēts naturālogaritms, proti,  $\ln e = 1$  un  $\ln e^x = x$ .

*Mājiens: izmanto, ka  $e^x$  var aproksimēt (droši drīkst lietot izvedumā) kā*

$$e^x = \sum_{n=0}^{K-1} \frac{x^n}{n!} + \frac{x^K e^{\delta x}}{(K-1)!},$$

kur  $R(x) = x^K e^{\delta x}/(K-1)!$  sauc par reziduali un  $0 < \delta < 1$ ; aprēķinos pieņem, ka  $x, y > 0$ .

**2.5. Jaut. [13.5 p.]** Izmantosim  $\delta = 1/3$  un  $K = 6$ . Uz dotā milimetru papīra uzzīmē grafiku  $\log(y/x^K) = \log(P_{\text{redz},K}(I)/I^K)$  atkarībā no  $x = I$  katram zinātniekam III.1. tabulā [3.5 × 3 p.]. Novērtē, vai dati krīt uz taisnes; ja jā, tad izvelc caur tiem taisni un aprēķini  $\alpha$  parametru katram zinātniekam:  $\alpha_H, \alpha_S$  un  $\alpha_P$  Hētam, Šlēram un Pirensam, respektīvi [1 × 3 p.]. Vari ignorēt punktus ar mazāko un lielāko  $I$  vērtību.

*Piezīme: neaizmirsti pareizi formatēt grafiku!*

**2.6. Jaut. [6 p.]** Turpināsim izmantot  $K = 6$ . Izmanto  $\alpha_H = 0.054$ ,  $\alpha_S = 0.066$ , un  $\alpha_P = 0.046$  noteiktas ar precīzāku metodi (proti, tas nenozīmē, ka šīs vērtības būtu jāiegūst iepriekšējā jautājumā).

Tagad attēlosim katra zinātnieka  $P_{\text{redz},K}$  atkarībā no viņa  $I$  reizināta ar  $\alpha$  parametru, proti,  $P_{\text{redz},K}^{\text{Hēts}}$  atkarībā no  $\alpha_H I$ , un attiecīgi pārējiem zinātniekiem. Hēta datu punktus atliec ar resnu punktu  $\bullet$ , Šlēra ar krustiņu  $\times$  un Pirensa ar trijstūri  $\triangle$ . Uzzīmē precīzi aprēķinātu  $P_{\text{redz},K}(I)$  likni ar  $\alpha = 1$  un  $K = 6$  (vari izmantot mazus punktiņus, lai caur tiem izvilktu likni), uz  $x$  ass ņemot  $\alpha I = I$ .

**2.7. Jaut. [2 p.]** Ir redzams, ka zinātnieku dati izcili krīt uz kopējās  $P_{\text{redz},K}(I)$  līknes 2.6. jautājuma grafikā. Vai var secināt, ka skaits  $K = 6$  (visticamāk) ir vienāds jeb universāls *visiem* veseliem cilvēkiem? Argumentē atbildi!

**2.8. Jaut. [4.5 p.]** Zinātnieku spēja redzēt sešus ( $K = 6$ ) fotonus ir diezgan iespaidīga.

(a) Balstoties uz Lorenca datiem un iegūtajām  $\alpha$  vērtībām, kāda ir  $\alpha$  parametra *fizikālā* nozīme? Kas acs morfoloģijā to varētu ietekmēt? **[2 p.]**

(b) Kurš fotoreceptors (nūjiņa ☐ / vāļīte ☐ / abi līdzvērtīgi ☐) ir primāri iesaistīts šajā eksperimentā, proti, kurš no abiem detektē vājā pulsa fotonus? Pamato atbildi! **[1 p.]**

(c) Vai šis cilvēka fotoreceptors (b punktā) spēj detektēt vienu fotonu? Argumentē atbildi! **[1.5 p.]**

*Mājiens: Uzskicē acs ābola zīmējumu, kurā attēlo 6 fotonu trajektorijas.*

## IV UZDEVUMS

### SMAGAIS METĀLS [50 P.]

Smagie metāli ir vieni no kaitīgākajiem un plašāk izplatītajiem augsnes piesārņotājiem. Šajā uzdevumā jūs varēsiet iepazīties ar smago metālu piesārņojuma cēloņiem, ietekmi uz ekosistēmu un veidiem, kā to mazināt.

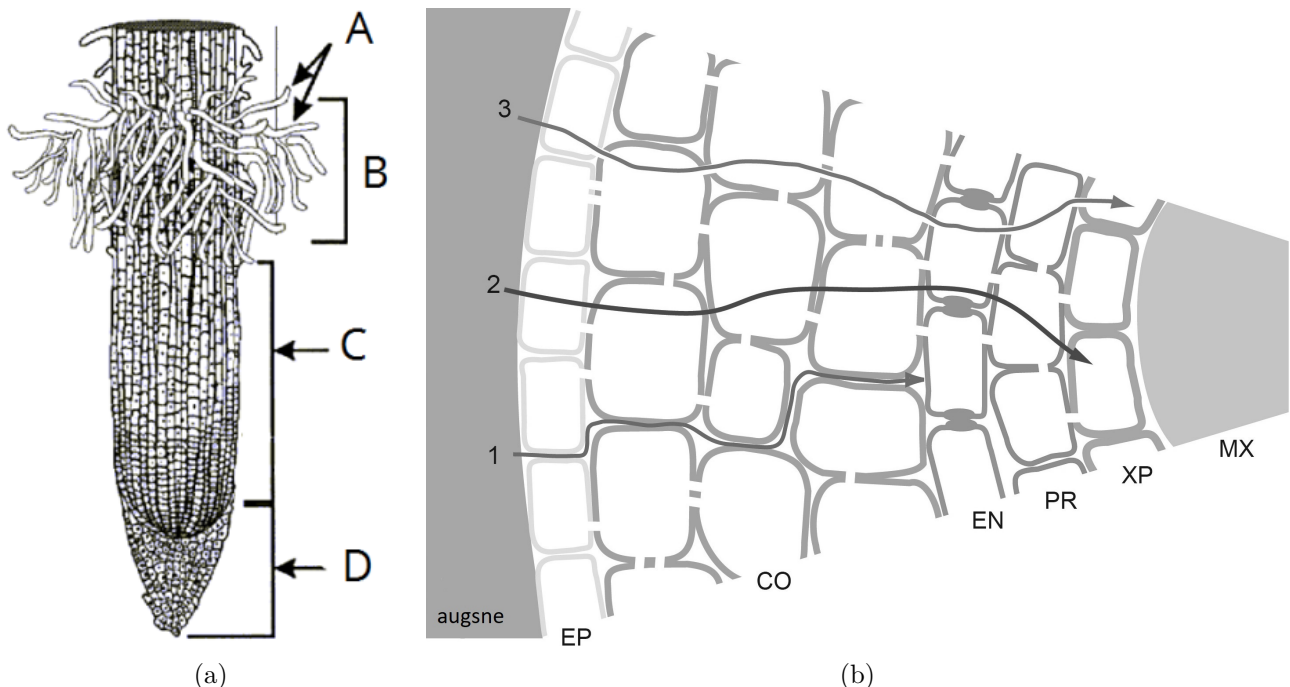
#### IV-1. Augi kļūst smagāki [14,5 p.]

Pirms apskatām smagos metālus, kas gan augiem, gan dzīvniekiem ir nepieciešami ļoti ļoti mazos daudzumos, ir vērtīgi atkārtot augiem nepieciešamos makroelementus un to lomu augu fizioloģiskajos procesos.

**1.1. Jaut. [4,5 p.]** Atbilžu lapā pie katras lomas numura pieraksti atbilstošā elementa nosaukumu vai simbolu. Elementi nevar atkārtoties, ja viens elements var atbilst vairākām lomām, tad izvēlies lomu, kas tam atbilst vislabāk.

1. nepieciešams, lai veidotu ogļhidrātus, proteīnus, nukleīnskābes un citas organiskās vielas.
2. ir proteīnu un nukleīnskābju sastāvā.
3. nepieciešams aerobajai elpošanai, lai veidotu ATP. Ir galējais protonu akceptors elektronu transporta ķēdē.
4. ir dažādu organisko vielu, piemēram, ogļhidrātu, kā arī ūdens sastāvā.
5. ir nukleīnskābju, fosfolipīdu un ATP sastāvā.
6. ir tikai divu aminoskābju sastāvā, kā arī nepieciešams elektronu transporta ķēdes darbībai.
7. regulē atvārsnišu atvēršanos un aizvēršanos, daudzu enzīmu kofaktors, svarīgs osmotiskā spiediena regulācijā.
8. ir hlorofila sastāvā, kā arī ir daudzu enzīmu kofaktors.
9. regulē jonu plūsmu caur membrānu un signālu padevi.

Smagie metāli, tāpat kā liela daļa citu augiem nepieciešamu vielu, tiek uzņemti galvenokārt caur saknēm.



IV.1. Attēls. (a) Saknes uzbūve. (b) Transporta veidi no saknes epidermas līdz vadaudiem.

**1.2. Jaut. [2,5 p.]** Kā sauc IV.1.a attēlā norādīto struktūru A un kāda ir tās funkcija? Kāda ir tās uzbūves īpatnība, kas palīdz labāk veikt tās funkciju?

**1.3. Jaut. [1,5 p.]** IV.1.a attēlā ar burtiem B, C un D ir norādītas saknes daļas, nosauc tās!

Ir trīs veidi, kā vielas var nonākt no saknes epidermas līdz vadaudiem, lai pēc tam sasniegtu pārējo augu. Pirmais veids, kā vielas var sasniegt vadaudus, ir starpšūnu transports, kur vielas šķērso šūnu membrānas un šūnapvalkus, lai nonāktu no vienas šūnas citā, tādējādi virzoties vadaudu virzienā. Otrais veids ir transports caur

simplastu jeb šūnu iekšējo vidi. Trešais veids ir transports caur apoplastu, kur uzņemtas vielas nešķērso šūnas membrānu, bet tā vietā difūzijas ceļā pārvietojas caur šūnapvalku.

**1.4. Jaut. [0,75 p.]** Kurš no IV.1.b attēlā ar bultiņu apzīmētajiem transporta ceļiem atbilst katram transporta veidam?

**1.5. Jaut. [0,5 p.]** No kādas vielas galvenokārt sastāv augu šūnapvalki?

**1.6. Jaut. [1 p.]** Kāpēc transporta ceļā caur simplastu vielas var nonākt no vienas šūnas citā, nešķērsojot plazmatisko membrānu vai šūnapvalku?

Palielināta smago metālu koncentrācija gan augos, gan augsnē novērojama vietās, kas veidojušās uz šos metālus saturošiem iezīmiem vai nogulām. Vēl viens smago metālu piesārņojuma avots ir cilvēku saimnieciskā darbība, piemēram, rūpniecība, sadzīves atkritumu nepareiza izmešana, nekontrolēta lauksaimniecības ķīmikāliju lietošana un transports.

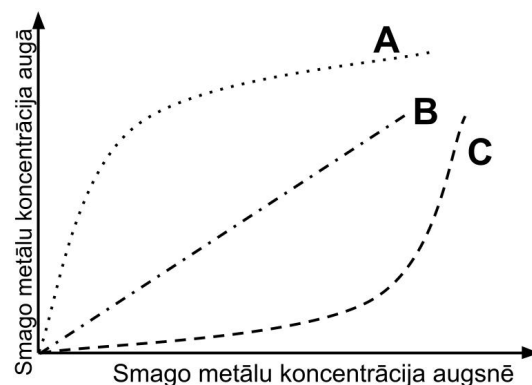
**1.7. Jaut. [0,25 p.]** Kuri faktori vismazāk ietekmē smago metālu koncentrāciju augsnē?

**1.8. Jaut. [1,25 p.]** Kuri augi ir pakļauti lielākam riskam uzņemt pietiekami lielu smago metālu daudzumu, lai izraisītu traucējumus fizioloģiskajos procesos? Kāpēc?

Augus, kas spēj augt augsnē ar smago metālu piesārņojumu, ir iespējams iedalīt trīs grupās atkarībā no tā, kā mainās auga audos uzkrāto smago metālu daudzums, palielinoties smago metālu koncentrācijai augsnē. 1. grupa ir "izdalītāji", kas spēj efektīvi ierobežot smago metālu uzņemšanu, rezultātā saglabājot salīdzinoši zemu smago metālu koncentrāciju un pasargājot auga virszemes daļu no piesārņojuma kaitīgās ietekmes. "Indikatori" uzkrāj smagos metālus augu virszemes daļās. Parasti smago metālu koncentrācija šajos augos atspoguļo smago metālu koncentrāciju augsnē, tādēļ tos var izmantot kā indikatorus, lai novērtētu augsnes piesārņojuma līmeni. "Uzkrājēji" koncentrē smagos metālus augu virszemes daļās. Bieži vien "uzkrājēju" augos smago metālu koncentrācija auga virszemes daļā vairākas reizes pārsniedz smago metālu koncentrāciju augsnē.

**1.9. Jaut. [0,75 p.]** Kura likne attēlā IV.2. atbilst katrai no augu grupām?

**1.10. Jaut. [1,5 p.]** Kuras augu grupas augus varētu izmantot, lai attīrītu augsni no smago metālu piesārņojuma? Kāda varētu būt šo augu negatīvā ietekme uz ekosistēmu?

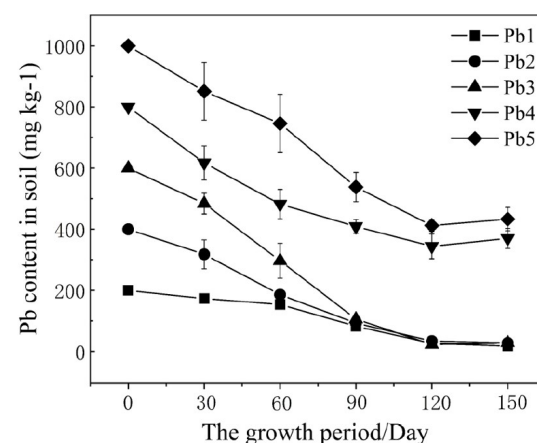


IV.2. Attēls. Smago metālu koncentrācija augā atkarībā no smago metālu koncentrācijas augsnē

## IV-2. Fitoremediācija [20 p.]

Viens no visplašāk izplatītajiem un kaitīgākajiem vides piesārņotājiem ir svins. Ja netiek veiktas darbības, lai novērstu svina piesārņojumu, tas caur augiem, kas auguši ar svinu piesārņotā augsnē, pēc tam var nonākt arī citos organismos. Pasaules Veselības organizācija (PVO) vēsta, ka svina līmenim augsnē nevajadzētu pārsniegt 70 mg/kg (parasti tas ir ap 15-40 mg/kg). Fitoremediācija ir piesārņotas augsnes attīrīšanas metode, kur tiek izmantoti augi, kas uzkrāj smagos metālus vai cita veida piesārņotājus.

2024. gadā Ķīnā tika veikts pētījums, kur tika apskatīts graudzāļu dzimtas auga *Neyraudia reynaudiana* potenciāls izmantošanai, lai attīrītu ar svinu piesārņotu augsni. *N. reynaudiana* jau tiek plaši izmantots Ķīnas Dienvidos, lai mazinātu eroziju un atjaunotu veģetāciju ap raktuvēm. Lai pētītu *N. reynaudiana* spēju uzņemt svinu, tika sagatavoti podiņi ar vienu *N. reynaudiana* stādu, kas tika sadalīti 5 grupās, kur Pb1 svina koncentrācija augsnē bija 200 mg/kg, Pb2 — 400 mg/kg, Pb3 — 600 mg/kg, Pb4 — 800 mg/kg, bet Pb5 — 1000 mg/kg. Ik pēc 30 dienām izaugušie augi



IV.3. Attēls. Svina koncentrācija augsnē (mg/kg) atkarībā no dienas, kad veikts mērījums

tika novākti, izkaltēti un tad izmērīta svina koncentrācija augsnē, saknēs un dzinumos. Kopumā pētījums ilga 150 dienas.

Attēlā IV.3. attēlota svina koncentrācija augsnē atkarībā no mērījuma dienas, tabulā IV.1. apkopota pētījuma laikā sasniegtā zemākā svina koncentrācija augsnē.

**2.1. Jaut. [1 p.]** Kāda svina koncentrācija augsnē sāk ievērojami ietekmēt *N. reynaudiana* spēju uzņemt svinu?

**2.2. Jaut. [2 p.]** Izstrādā plānu, kā varētu attīrīt augsni ar piesārņojumu 1000 mg/kg, līdz tā sasniedz PVO pieļaujamo līmeni?

Tabulā IV.2.a attēlots paraugu piesārņojuma attīrīšanas indekss (PAI), kas aprēķināts šādi:  $PAI = \frac{CS-CB}{CS}$ , kur CS ir svina koncentrācija augsnē sākumā, CB — svina koncentrācija augsnē laika perioda beigās.

Paraugs	Svina koncentrācija, mg/kg
Pb1	18
Pb2	28
Pb3	29
Pb4	344
Pb5	412

IV.1. Tabula. Zemākā sasniegtā svina koncentrācija eksperimenta laikā

Paraugs	30 dienas	60 dienas	90 dienas	120 dienas	150 dienas
Pb1	0,14	0,23	0,59	0,87	0,91
Pb2	0,21	0,54	0,77	0,92	0,93
Pb3	0,19	0,51	0,82	0,96	0,95
Pb4	0,23	0,40	0,49	0,57	0,54
Pb5	0,15	0,25	0,46	0,59	0,57

(a)

Paraugs	AF	TF
Pb1	8,35%	22,60%
Pb2	7,12%	23,84%
Pb3	4,77%	21,13%
Pb4	48,57%	8,31%
Pb5	41,21%	6,73%

(b)

IV.2. Tabula. (a) Piesārņojuma attīrīšanas indekss (PAI). (b) Paraugu absorbcijas faktors (AF) un transporta faktors (TF) pēc 30 dienām.

**2.3. Jaut. [2 p.]** Pēc cik dienām būtu jānovāc *N. reynaudiana*, lai attiecīgās koncentrācijas augsne būtu maksimāli attīrīta?

Attēlā IV.4. attēlota svina koncentrācija augu saknēs pēc 30, 60, 90, 120 un 150 dienām. Gan šajā, gan turpmākajos grafikos burti virs stabīņiem norāda, vai starp datu kopām ir statistiski nozīmīga atšķirība (šajā pētījumā tika pieņemts, ka atšķirība ir statistiski nozīmīga, ja  $p < 0,05$  jeb, ja ar statistisko testu tika aprēķināts, ka iespējamība, ka rezultātos novērotā atšķirība ir nejauša, ir mazāka par 5%).

**2.4. Jaut. [2 p.]** Pēc cik dienām būtu sagaidāms, ka visus paraugus varēs atšķirt pēc svina koncentrācijas saknēs? Paskaidro, kā to noteici!

Vēl viens parametrs, kā raksturot šī eksperimenta rezultātus ir absorbcijas faktors (AF), kas aprēķināms šādi:  $AF = \frac{S}{A} * 100\%$ , kur S ir svina koncentrācija saknēs, A — svina koncentrācija augsnē pēc novākšanas.

**2.5. Jaut. [2 p.]** Kuram paraugam bija vislielākais absorbcijas faktors? Pamato ar aprēķiniem!

Ne viss svins, kas uzņemts caur saknēm, tur arī paliek. Daļa svina, kas tiek uzņemta, tiek transportēta uz auga dzinumiem, to iespējams aprakstīt ar transporta faktoru (TF), kas aprēķināms pēc šādas formulas:  $TF = \frac{D}{A} * 100\%$ , kur D ir svina koncentrācija dzinumos, bet A — svina koncentrācija saknēs.

Tabulā IV.2.b redzami pētījuma grupu absorbcijas un transporta faktori pēc 30 dienām. Lai kopumā raksturotu, cik lielu daļu svina augs uzņēmis dzinumos, iespējams izmantot biokoncentrācijas faktoru (BCF), kas izsakāms kā svina koncentrācijas dzinumos un svina koncentrācijas augsnē pēc novākšanas attiecība.

**2.6. Jaut. [4 p.]** Kurai eksperimenta grupai ir vislielākais BCF pēc 30 dienām? Pamato ar aprēķiniem!

**2.7. Jaut. [3 p.]** Ko par augu pasaka augsts BCF? Cik lielam būtu jābūt BCF, lai augu būtu iespējams izmantot fitoremediācijai? Kādam kritērijam vēl jāatbilst potenciālam fitoremediācijas augam?

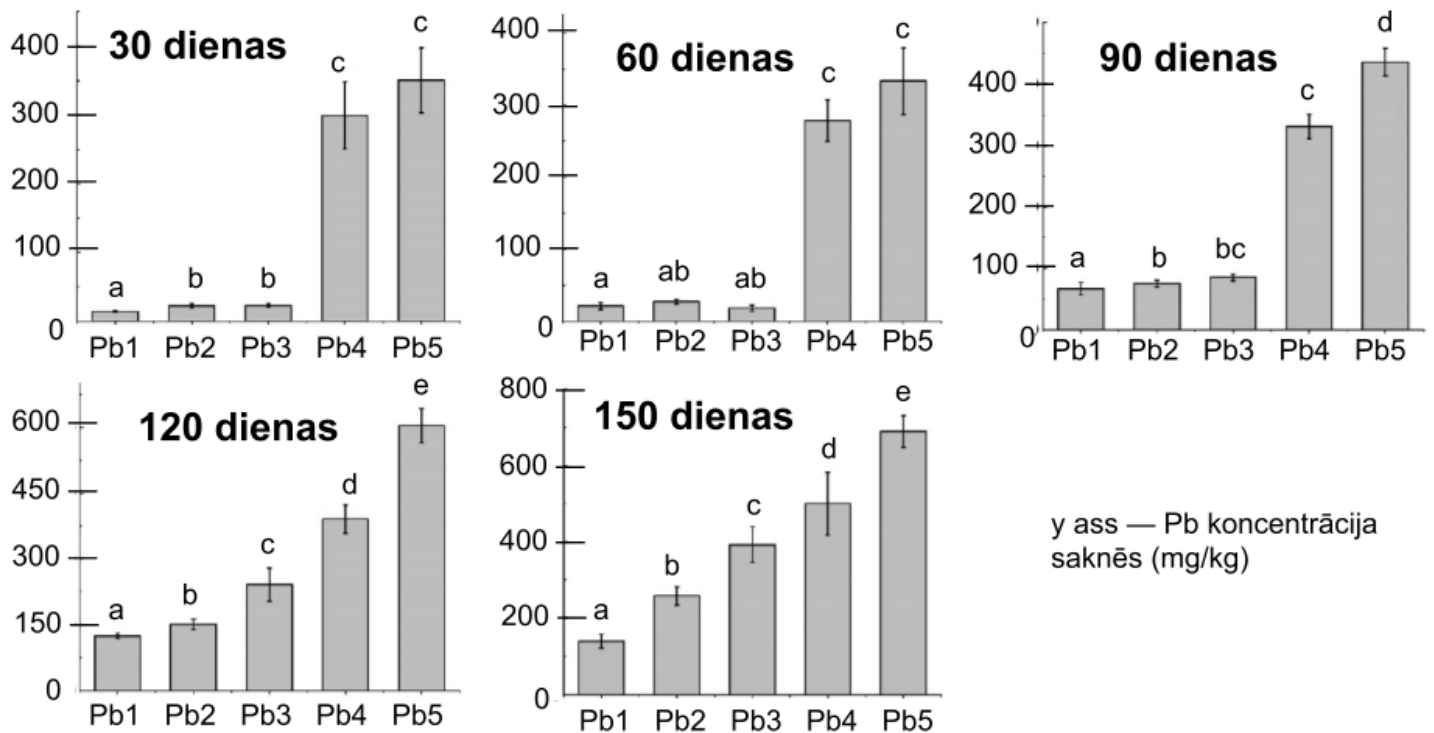
**2.8. Jaut. [4 p.]** Kādi ir fitoremediācijas plusi un mīnusi? Nosauc divus plusus un divus mīnus!

### IV-3. Jo smagāka zivs, jo labāk? [15,5 p.]

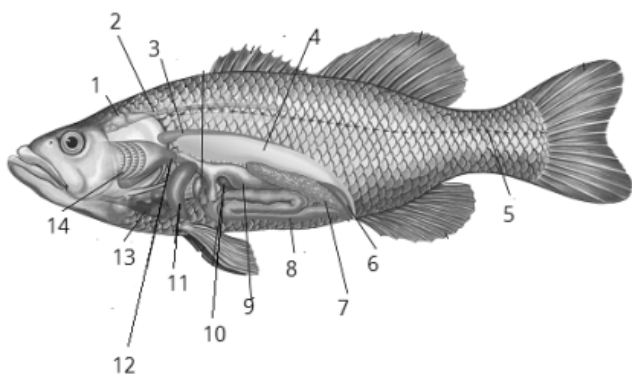
Pirms apskatām zivis un to saistību ar smagajiem metāliem, atkārtu zivs uzbūvi!

**3.1. Jaut. [7 p.]** Attēlā IV.5.a dots zīmējums, kur ar cipariem atzīmēti dažādi orgāni. Aizpildi tabulu, norādot ciparam atbilstošā orgāna nosaukumu un funkciju!

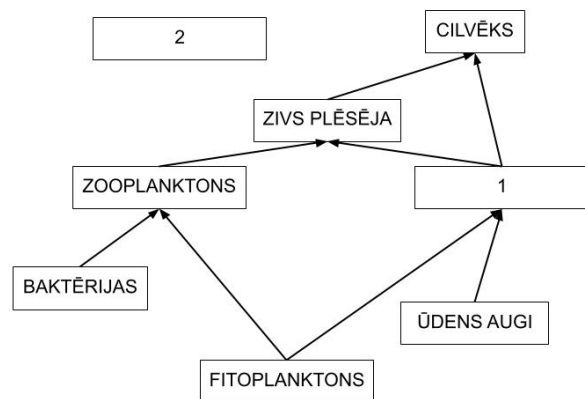




IV.4. Attēls. Smago metālu koncentrācija auga saknēs (mg/kg) dažādos paraugos pēc 30, 60, 90, 120 un 150 dienām



(a)



(b)

IV.5. Attēls. (a) Zivs iekšējā uzbūve. (b) Barības tīkls.

Esam apskatījuši, kā smagie metāli var nonākt augsnē un pēc tam augos, taču kas notiek tālāk? Ja netiek veiktas nekādas darbības, lai piesārņojumu mazinātu, dzīvnieki, kas barojas ar augiem, kas satur paaugstinātu smago metālu daudzumu, var uzņemt daudz lielākas smago metālu devas, nekā būtu ieteicams. Šo procesu sauc par bioakumulāciju, un tā parasti visvairāk ietekmē ekosistēmas ar sarežģītiem barības tīkliem, piemēram, jūras un ezerus.

**3.2. Jaut. [2 p.]** Attēlā IV.5.b dots barības tīkls. Ciparu 1 un 2 vietā ieraksti konkrētas sugas, kā arī sasaisti 2. indivīdu ar barības tīklu ar vismaz divām bultiņām, kas iet uz/no šī indivīda. (Kopā jābūt 2 bultiņām)

**3.3. Jaut. [1,5 p.]** Ja IV.5.b attēlā attēlotā barības tīkla ekosistēmā nonāktu smago metālu piesārņojums, kuru no organismiem piesārņojums skars vismagāk, kāpēc?

Daudzos pētījumos ir atklāts, ka bioakumulācijas rezultātā zivīs var būt augsta metildzīvsudraba un citu smago metālu saturošu savienojumu koncentrācija. Parasti visizteiktākā šī problēma ir lielām zivīm, kam ir samērā ilgs mūžs. Viena no šādām zivīm ir tuncis, tāpēc to nebūtu ieteicams ēst vairāk kā dažas reizes mēnesī, lai izvairītos no kaitīgā piesārņojuma.

Kā jau no iepriekšējiem jautājumiem varēja noprast, viens no veidiem, kā zivis var uzņemt smagos metālus, ir

caur gremošanas traktu, ēdot citus organismus, kas satur daudz smago metālu.

**3.4. Jaut. [1 p.]** Ir arī citi veidi, kā zivis var uzņemt smagos metālus, nosauc vēl divus!

2021. gadā Polijā tika veikts pētījums, kur vietējā tirgū tika nopirkta 10 sugu zivis, un tika analizētas četru smago metālu — vara, dzelzs, mangāna un cinka — koncentrācijas šajās zivīs. Pētījuma rezultāti apkopoti IV.3.a tabulā.

Zivs suga	Cu	Fe	Mn	Zn
Karūsa	0,77	6,95	0,12	19,52
Baltijas plekste	0,26	1,02	0,03	4,09
Zeltainā jūraskarūsa	0,24	0,78	0,03	4,01
Atlantijas makrele	0,35	1,83	0,02	3,03
Jaunzēlandes makurons	0,36	1,16	0,03	2,98
Eiropas asaris	0,23	1,55	0,08	3,07
Varavīksnes forele	0,27	1,77	0,07	4,93
Līnis	0,23	1,65	0,09	3,33
Nīlas tilapija	0,16	1,06	0,05	3,05
Alaskas pollaks	0,29	1,11	0,27	3,27

(a)

Vecums	Cu	Fe	Mn	Zn
7-12 mēneši	0,22	11	0,06	3
1-3 gadi	0,34	7	1,20	3
4-8 gadi	0,44	10	1,50	5
9-13 gadi	0,70	8	1,70	8
14-18 gadi	0,89	13	1,90	10
19 + gadi	0,90	12	2,10	10

(b)

IV.3. Tabula. (a) Vara, dzelzs, mangāna un cinka vidējā koncentrācija (mg/kg) desmit sugu zivīs. (b) Ieteicamā vara, dzelzs, mangāna un cinka dienas deva (mg).

Nelielos daudzumos smagie metāli cilvēka organismā ir nepieciešami, taču to pārmērīga uzņemšana var būt kaitīga. Tabulā IV.3.b apkopotas vara, dzelzs, mangāna un cinka ieteicamās dienas devas dažāda vecuma cilvēkiem.

**3.5. Jaut. [4 p.]** Salīdzinājumā ar citām zivīm, vienā ir daudz vairāk vara, dzelzs un cinka. Aprēķini, kādu daļu no dienā ieteicamās devas uzņemtu pieaugušais, ja apēstu vienu zivs porciju (150 g)! Vai šajā gadījumā būtu pamats uztraukties par paaugstināto koncentrāciju?

## V UZDEVUMS

### ATŠIFRĒ SUGU [35 P.]

Varbūt dažiem jau no pagājušo gadu uzdevumiem ir pieredze ar šifrētajām sugām, bet šeit noteikumi! Zemāk ir doti vairāki sugu apraksti, kur katrā aprakstā tiek raksturota cita suga apzīmēta ar **X**. Jūsu uzdevums ir atšifrēt, kas tā par sugu! 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 ļoti liberāli un var apzīmēt vairākas ļoti līdzīgas sugas, 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.

#### V-1. Erekti elongētā oga [3 p.]

Suga **X** pieder viendīgļlapju klases liliju apakšklases ingveru rindas dzimtai, kura ražo ēdamas ogas (parasti gan šo augli neuzskata par ogu). Parasti šie augļi ir krāsā **A**, taču retāk tie mēdz būt arī sarkani, rozā, violeti un melni (sugu **X** gan tipiski cilvēki pazīst tikai **A** krāsā). Augļus parasti novāc vēl negatavus, kad tie ir zaļi, taču tie paši spēj nogatavoties. Salīdzinoši neliela Dienvidamerikas valsts nodrošina 29% šo ogu eksportu pa visu pasauli, taču šī auga dzimtene ir Dienvidaustrumāzija. Suga **X** ir top 10 augļu/ogu ar visvairāk kalorijām. Veikalā nopērkamajiem sugas **X** augļiem (parasti pārdodas tikai **A** krāsā vai puszaļi) nav **B**, tādēļ tos var pavairot tikai veģetatīvi.

**1.1. Jaut. [1.5 p.]** Kas ir suga **X**? Pietiek ar viena vārda atbildi.

**1.2. Jaut. [0.5 p.]** Kāda krāsa apzīmēta ar **A**?

**1.3. Jaut. [1 p.]** Kāda orgāna daļa apzīmēta ar **B**?

#### V-2. Nāc! redz, kādu labumu es atradu! [3.5 p.]

Parasti suga **X** ir sastopama dažāda sastāva mežos no jūnija līdz oktobrim, taču klimata pārmaiņu dēļ var gadīties to sastapt pat novembrī. Sugai **X** raksturīgs auglķermenis, kura augšdaļas apakšā ir izteiktas, regulārā veidā izkārtotas krokas, kas šķiet kā lapiņas, bet nav. Ja sugu **X** apcep un tad pievieno saldo krējumu, sanāk dikti garšīga mērce.

**2.1. Jaut. [1.5 p.]** Kas ir suga **X**? Tiek doti 1,5 p. par pilnu nosaukumu, 1 p. par viena vārda atbildi.

**2.2. Jaut. [1 p.]** Vai sugas **X** šūnām ir šūnapvalki? Ja jā, tad kāda ir to galvenā sastāvdaļa?

**2.3. Jaut. [1 p.]** Kāds ir sugas **X** barošanās vieds?

#### V-3. Polska!! [5 p.]

Poļu video ar sugu **X** pēdējos mēnešos ir sasnieguši starptautiska mīma statusu. Šajos video redzama suga **X** un pusaudzis sajūsmā klieudzot frāzi “[\**Lamuvārds*] suga **X**!” Suga pieder **A** kārtai, pie kuras pieder aptuveni 40% visu zīdītāju. Lielāka par sugu **X** šajā kārtā ir tikai suga **Y**, kura **ARĪ** ir starptautiski pazīstama suga tās mīmu dēļ. Daži interesanti vārdi raksturo sugas **X** orgānus — “dzelzs” attiecas uz orgānu **B** un “lāpstveida” attiecas uz orgānu **C**. Suga **X** kopš 2001. gada mājo Latvijas pilsētas **D** kanālā.

**3.1. Jaut. [1.5 p.]** Kas ir suga **X**? Tiek dots 1 punkts par viena vārda atbildi, 1.5 punkti par Latvijā sastopamo sugas epitetu (divi vārdi).

**3.2. Jaut. [1 p.]** Kas ir suga **Y**? Viena vārda atbilde.

**3.3. Jaut. [1 p.]** Kas ir **A** kārtā?

**3.4. Jaut. [1 p.]** Kas ir orgāni **B** un **C**?

**3.5. Jaut. [0.5 p.]** Kas ir pilsēta **D**?

**V-4. Viduslaikos domāja, ka odziņas uzspraustas uz muguras [5 p.]**

Suga **X** ir sastopama Āzijā, Āfrikā un Eiropā, tai skaitā Latvijā. Vēl suga **X** ir sastopa arī Jaunzēlandē, taču tur tā tika ieviesta. Lai gan kārdeiz suga **X** piederēja kukaiņēdāju kārtai, tā patiesībā ir visēdāja un barojas arī ar gliemežiem, čūskām, putnu olām, augļiem, ogām un daudz ko citu. Gluži kā daudzi citi neliela izmēra zīdītāji, suga **X** lielākoties ir aktīva diennakts laikā **A**. Sugu **X** ļoti atpazīstamu padara tās keratinizētais apmatojums, kas klāj sugas **X** muguru. Tas pēc izskata sugu **X** padara līdzīgu sugām **Y** un **Z**, taču tās nav savā starpā radniecīgas. Sugas (lietots daudzskaitlī, jo apzīmē vairākas sugas, kuru nosaukumā ir kopīgs vārds) **Y** ir pasaulē 3. lielākie grauzēji (aiz kapibārām un bebbriem), bet sugas **Z** pieder kloākaiņu kārtai un ir sastopama tikai Austrālijā un Jaunzēlandē.

**4.1. Jaut. [1.5 p.]** Kas ir suga **X**? Pietiek ar viena vārda atbildi.

**4.2. Jaut. [0.5 p.]** Kāds diennakts laika apzīmēts ar **A**?

**4.3. Jaut. [1.5 p.]** Kas ir suga **Y**? Pietiek ar viena vārda atbildi.

**4.4. Jaut. [1.5 p.]** Kas ir suga **Z**? Pietiek ar viena vārda atbildi.

**V-5. Floridas vīrietis iemauca ar pannu pa degunu [3.5 p.]**

Sugas **X** (der arī ģints) nāsis, tāpat kā krokodiliem, atrodas deguna galā un galvas virspusē, lai varētu peldot viegli elpot. Džeralds Darels par sugu raksta: “Zem krūma gulēja suga **X**, [...] spīdīgie, lāsumainie gredzeni tik saskanīgi iekļāvās apkārtnes fonā, ka es viņu nebiju pamanījis.” Sugas **X** orgāna **A** kauliem ir ļoti plastiskas saites, kas nodrošina svarīgu procesu. Šis organisms sver līdz 90 kg un spēj apēst pat kapibaru. Suga **X** izmanto tādu pašu medību metodi kā suga (ģints) **Y**, kuras vārdā ir nosaukta kāda ļoti populāra programmēšanas valoda.

**5.1. Jaut. [1.5 p.]** Kas ir suga **X**? Viena vārda atbilde.

**5.2. Jaut. [1 p.]** Kas ir orgāns **A**?

**5.3. Jaut. [1 p.]** Kas ir ģints **Y**?

**V-6. Saldējums ziemā?! [3 p.]**

Suga **X** ir augs, kura lapas satur ēterisko eļļu ar raksturīgu smaržu. Šīs ēteriskās eļļas galvenā sastāvdaļa ir viela **A**, kas aktivizē TRPM8 termoreceptorus, nonākot saskarē ar ādu vai gļotādu. Vielas **A** nosaukums ir cēlies no ģints, kurai pieder suga **X**, latīniskā nosaukuma. Produktus, kuru ražošanā izmantota suga **X**, var iegādāties daudzos pārtikas un saimniecības preču veikalos. Suga **X** ir tai pašai ģintij piederošo sugu **Y** un **Z** hibrīds.

**6.1. Jaut. [1.5 p.]** Kas ir suga **X**?

**6.2. Jaut. [0.5 p.]** Kas ir viela **A**?

**6.3. Jaut. [1 p.]** Nosauciet sugas **Y** un **Z**!

**V-7. Apekša mednieks vai mājdzīvnieks? [3 p.]**

Suga **X** ir sastopama Eirāzijas un Sibīrijas mežos. Agrāk tā bija sastopama daudzās Eiropas valstīs, taču 20. gs. vidū gandrīz izzuda. Mūsdienās daudzviet uzsākti sugas **X** reintrodukcijas projekti. Suga **X** parasti uzturas tālu no cilvēku apdzīvotām vietām un ir īpaši aktīva gadalaikā **A**. Lielākoties barojas ar savvaļā dzīvojošiem pārnadžiem. Sugas **X** dabiskie ienaidnieki ir vilki un lāči.

**7.1. Jaut. [1.5 p.]** Kas ir suga **X**? Tiks ieskaitīts gan sugas, gan Latvijā sastopamās pasugas nosaukums; 1,5 p. par pilnu nosaukumu, 0,5 p. par viena vārda atbildi.

**7.2. Jaut. [1 p.]** Kādai dzimtai pieder suga **X**?

**7.3. Jaut. [0.5 p.]** Kāds gadalaiks apzīmēts ar burtu **A**?

**V-8. Vācijas karogā ir dzeltens vai zelts? [2.5 p.]**

**(Specifiska suga!)** Suga **X** ir kurvjziežu dzimtas, daudzgadīgs, no 70 līdz 210 cm augsts, cerus veidojošs lakstaugs. Sugas **X** dabiskais izplatības areāls atrodas Ziemeļamerikā, taču tā ir ievesta un sekmīgi izplatījusies invazīva suga arī daudzviet Eiropā, tostarp Latvijā; bieži sastopama ap dzelzceļiem, it īpaši Rīgas–Aizkraukles līnijā. Sugas **X** ziedkopa ir diezgan blīva un skarveidīga, ziedi ir dzeltenī.

**8.1. Jaut. [1.5+5 p.]** Kas ir suga **X**? Par pareizu divu vārdu atbildi saņemsi **5 bonusa punktus**.

**8.2. Jaut. [1 p.]** Kādas īpašības ir raksturīgas invazīvām sugām? Nosauc vismaz divas!

**V-9. Piramīdu ielokā majestāte staigā [2.5 p.]**

Suga **X** ir plēsējs, kurš pārsvarā aktīvs krēslas stundās un kurš medī nelielus putnus un grauzējus. Sugas **X** indivīdu kuņģī bieži nonāk keratīnu saturoši ķermeņa seguma fragmenti, kurus indivīdi nespēj sagremot, tāpēc tos atrij. Sugai **X** bija īpaša nozīme Senās Ēģiptes kultūrā. Ja fakts par Seno Ēģipti nebūtu dots, nebūtu iespējams pateikt, kas ir suga **X**, jo pārējai apraksta daļai atbilst arī daudzi dzimtas **A** pārstāvji, kuri, tehniski runājot, ir dinozauri.

**9.1. Jaut. [1.5 p.]** Kas ir suga **X**?

**9.2. Jaut. [1 p.]** Kas ir dzimta **A**?

**V-10. Erektu auglķopu ielokā man palika bail [4 p.]**

Suga **X** ir augs, kas sastopams seklā ūdenī. Šim augam ir atsevišķi sievišķie un vīrišķie ziedi uz tā paša stublāja, kuru ziedkopas ir pāris centimetrus atstatu viena no otras. Sievišķie ziedi ir tuvu cits citam ļoti ciešā ziedkopā; kad nobriest sēklas, ir ļoti grūti izšķirt atsevišķas sēklas (tās ir cieši kopā); nobriedis 1–2 m garais īpatnis sastāv no gara niedrēm līdzīga stublāja, ļoti garas (10–30 cm) auglķopas un sausa un spica, vertikāla, mazliet pūkaina pagarinājuma aiz tās. Šī suga izplata sēklas, metot pūkas, kas ir baltā krāsā, kas kontrastē ar nobriedušas ziedkopas tumšo vientoņa krāsu. Austrālijā šī suga ir invazīva, bet Latvijā nav. Suga **X** ir bioremediators un sakneņos absorbē vidi piesārņojošas vielas; senāk no tās sakneņiem veidoja miltus un ēda ziedkopu. Staigājot gar upi Latvijā, krastos iespējams sastapt ļoti daudz sugas **X** īpatņus un tos viegli atšķirt no graudzāļu fona to uzkrītošās ziedkopas dēļ. Šī ir viena no pirmajām sugām, kas kolonizē jaunatklātus slapjus dubļus; bieži vien īpatņi aug ar ļoti augstu blīvumu, izkonkurējot citas sugas īpatņus, tādējādi veidojot apgabalus ap upēm un ezeriem, kas satur gandrīz tikai šīs sugas īpatņus. Otrā pasaules kara laikā nobrieduša īpatņa auglķopas pūkas izmantoja peldvestēs; to efektivitāte bija ļoti augsta. Sugas **X** novāriņumu var izmantot pret bronhiālo astmu; izmanto arī caurejas ārstēšanai.

**10.1. Jaut. [1.5 p.]** Kas ir suga **X**? Tiek pieņemta viena vārda atbilde.

**10.2. Jaut. [1.5 p.]** Kas ir sugas **X** nodalījums, klase un dzimta?

**10.3. Jaut. [1 p.]** Kāds ir šī auga sēklu izplatīšanās mehānisms?

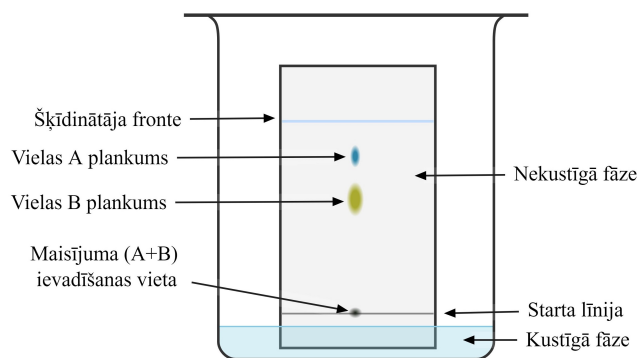
.

# VI UZDEVUMS

## BŪRIS. [32 P.]

### Laboratorijas darbs

Papīra hromatogrāfija ir viena no vienkāršākajām šķīdumu hromatogrāfijas metodēm, ko izmanto, lai atdalītu vielas, balstoties uz kustīgās un nekustīgās fāzes mijiedarbību. Kustīgā fāze virza analīti pa papīra virsmu, atdalot tos pēc to ķīmiskajām īpašībām (VI.1. attēls). Šajā laborā atdalīsim augu pigmentus.



VI.1. Attēls. Papīra hromatogrāfijas shēma.

#### Dotās vielas un materiāli

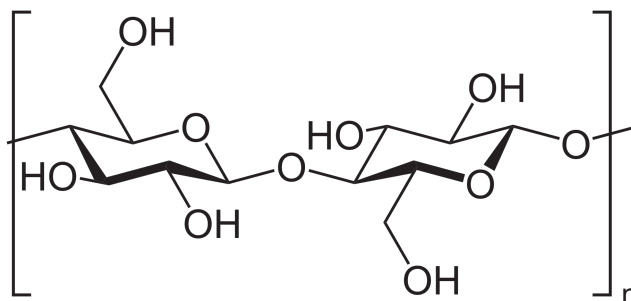
Ja kaut kas pietrūkst, sauc: “palīgā!”

- Spinātu lapu pigmentu ekstrakts
- Acetona un etanola šķīdums (kustīgā fāze)
- Filtrpapīrs (nekustīgā fāze)
- Kapilārs ekstrakta pilināšanai
- Trauks šķīdinātājam
- Zīmulis
- Lineāls

#### VI-1. Gatavošanās fāze [10 p.]

1.1. Jaut. [1 p.] VI.2. attēlā redzami divi nekustīgās fāzes monomēri. Kas ir nekustīgās fāzes galvenā sastāvdaļa?

- (A) kaļķakmens (B) hitīns (C) ciete (D) celuloze



VI.2. Attēls. Nekustīgās fāzes viela.

1.2. Jaut. [1 p.] Hidrofilas molekulas veido ūdeņraža saites, tāpēc tās ir polāras. Taču ne visas polārās vielas ir vienādi hidrofilas. Piemēram,  $-OH$  grupas padara vielu polāru un hidrofilu, bet  $=O$  grupas padara to polāru un nedaudz hidrofilu. Hidrofobas vielas ir garas ogļūdeņražu ķēdes. Kāda pēc tās ķīmiskajām īpašībām ir nekustīgās fāzes viela?

- (A) hidrofila (B) hidrofoba (C) ne viena, ne otra

**1.3. Jaut. [1 p.]** Ko šai vielai nodrošina ķīmiskā īpašība, ko noskaidroji 1.2 jautājumā?

- (A) Tā veido ūdeņražsaites, kuras satur vielu mikro-  
fibrillās, nodrošinot izturību. (C) Tā var difundēt caur hidrofoto membrānu un kon-  
trolēt ribosomu darbību.  
(B) Tā veido ūdeņražsaites, kuras nodrošina vielas  
spēju uzkrāt enerģiju šūnā. (D) Tā var difundēt caur hidrofoto membrānu un re-  
gulēt mitohondriju metabolismu.

**1.4. Jaut. [1 p.]** Pēc kā tiks atdalīti augu pigmenti?

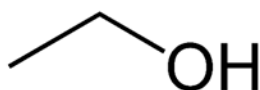
- (A) lādīņa (C) masas  
(B) polaritātes (hidrofobi/hidrofili)

**1.5. Jaut. [1 p.]** Kāpēc polārākas vielas neceļo tik tālu uz nekustīgās fāzes, cik nepolāras?

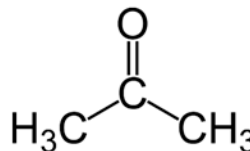
- (A) Jo tās mijiedarbojas ar nekustīgo fāzi. (C) Jo tām nav mijiedarbības ar nekustīgo fāzi.  
(B) Jo tās labāk šķīst kustīgajā fāzē. (D) Jo uz tām iedarbojas lielāks gravitācijas spēks.

**1.6. Jaut. [1 p.]** Kustīgajai fāzei izmantosim etanolu un acetonu, kuri redzami VI.3. attēlā. Acetons ir tikai ūdeņražsaišu akceptors, bet etanols — gan donors, gan akceptors. Kurš ir hidrofilāks?

- (A) acetons (B) etanols



etanols



acetons

VI.3. Attēls. Kustīgā fāze.

**1.7. Jaut. [1 p.]** Augu pigmenti ir izteikti nepolāri. Kurš ir labākais pigmentu šķīdinātājs?

- (A) acetons (B) etanols (C) ūdens (D) hēlijs

**1.8. Jaut. [1 p.]** Kas notiktu, ja pigmentu atdalīšanai tiktu izmantots ļoti labs (nepolārs) šķīdinātājs, piemēram, heksanols?

- (A) Pigmenti labi izšķīstu un nekustētos uz augšu. (C) Pigmenti slikti šķīstu un nekustētos.  
(B) Pigmenti labi izšķīstu un kustētos uz augšu pārāk  
strauji, lai paspētu atdalīties. (D) Pigmenti slikti šķīstu un labi atdalītos.

**1.9. Jaut. [1 p.]** Kas notiktu, ja pigmentu atdalīšanai tiktu izmantota izteikti polāra kustīgā fāze?

- (A) Pigmenti labi izšķīstu un nekustētos uz augšu. (C) Pigmenti slikti šķīstu un nekustētos.  
(B) Pigmenti labi izšķīstu un kustētos uz augšu pārāk  
strauji, lai paspētu atdalīties. (D) Pigmenti slikti šķīstu un labi atdalītos.



**1.10. Jaut. [1 p.]** Kāpēc priekš efektīvas pigmentu atdalīšanas kustīgajai fāzei izmantosim etanola un acetona šķīdumu, nevis tikai vienu no tiem?

- (A) Jo, acetons ir pārāk labs šķīdinātājs un etanols uzlabo šķīdību.  
(B) Jo, acetons ir pārāk slikts šķīdinātājs un etanols pasliktina šķīdību.  
(C) Jo abi kopā veido ļoti labu šķīdinātāju.  
(D) Jo abi kopā veido sliktu šķīdinātāju.

### VI-1.1. Darba gaita

1. Uzvelc starta līniju 1 cm no papīra apakšējās malas, izmantojot zīmuli.
2. Iemērc kapilāru pigmentu ekstraktā un novelc pēc iespējas plānāku līniju uz zīmuļa līnijas. Atkārti piecas reizes. Uzsveru — līniju veido cik plānu vien vari, bet ne tādu, ka nekas neuzpil.
3. Kaut kā nožāvē šķīdumu (piemēram, pavicini papīrīti vai arī uzpūt, bet neapsiekalo, lūdzu).
4. Ievieto papīra sloksni traukā tā, lai starta līnija atrastos virs šķīdinātāja līmeņa.
5. Gaidi, līdz kustīgā fāze sasniedz vismaz  $2/3$  no papīra garuma. Ideālā gadījumā tā sasniedz gandrīz augšu, bet šis nav ļoti svarīgi.
6. Izņem sloksni no šķīdinātāja, atzīmē kustīgās fāzes fronti.
7. Ļauj papīram nožūt, atzīmē katru pigmentu. Ievēro, ka blakus ir jābūt diviem hlorofiliem — gaišākam un tumši zaļākam (ar zilu nokrāsu).
8. Ar lineālu izmēri kustīgās fāzes frontes un katra pigmenta plankuma attālumu no starta līnijas. Mēri no plankuma centra.
9. Ja kāds no soļiem ir izrādījies nāvējošs tavai hromatogrammai, vari paprasīt jaunu filtrpapīra sloksni. Mums nav ļoti žēl.

### VI-2. Rezultātu analīze [22 p.]

**2.1. Jaut. [1 p.]** Kāpēc līnijas vilkšanai izmanto zīmuli, nevis pildspalvu?

**2.2. Jaut. [1 p.]** Aplūko VI.4. attēlus. Kas notika hromatogrāfijā, kur kā kustīgo fāzi izmantoja ūdeni?

- (A) Pigmenti tika degradēti.  
(B) Pigmenti stipri mijiedarbojās ar nekustīgo fāzi.  
(C) Pigmenti neizšķīda.  
(D) Hromatogrāfija izdevās.

**2.3. Jaut. [1 p.]** Aplūko VI.4. attēlus. Kas notika hromatogrāfijā, kur kā kustīgo fāzi izmantoja acetonu?

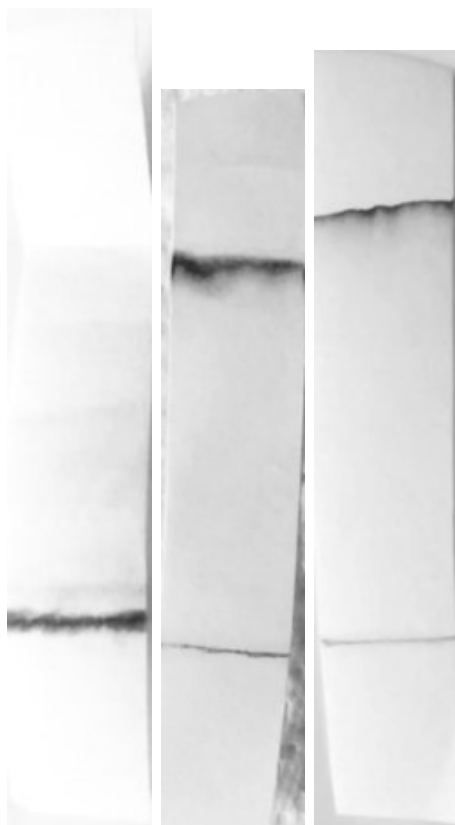
- (A) Pigmenti tika degradēti.  
(B) Pigmenti izšķīda pārāk labi.  
(C) Pigmenti neizšķīda.  
(D) Hromatogrāfija izdevās.

**2.4. Jaut. [1 p.]** Salīdzini VI.4. attēlus un izvēlies pareizo apgalvojumu par izopropanolu.

- (A) Izopropanols labi šķīdina pigmentus.  
(B) Izopropanols slikti šķīdina pigmentus.  
(C) Izopropanols šķīdina pigmentus sliktāk nekā ūdens.  
(D) Hromatogrāfija izdevās.

**2.5. Jaut. [8 p.]** Tabulā ieraksti pigmenta krāsu un tā  $R_f$  vērtību. Lai aprēķinātu  $R_f$  vērtības, izmanto formulu:

$$R_f = \frac{\text{Pigmenta attālums no starta līnijas (cm)}}{\text{Kustīgās fāzes frontes attālums no starta līnijas (cm)}}$$

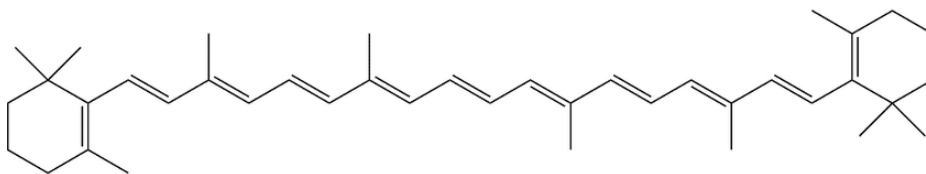


(a) ūdens (b) acetons (c) acetons  
un izopropānols

VI.4. Attēls. Pigmentu hromatogrāfija ar dažādām kustīgajām fāzēm.

**2.6. Jaut. [1 p.]** Aplūko beta karotīna struktūru VI.5. attēlā. Kāds tas ir pēc polaritātes?

- (A) hidrofohs (C) amfifils (gan hidrofilis, gan hidrofohs)  
(B) hidrofilis



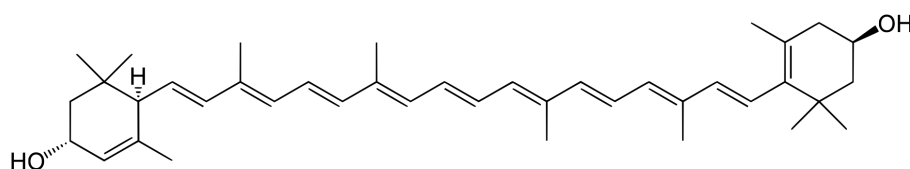
VI.5. Attēls. Beta karotīns.

**2.7. Jaut. [1 p.]** Aplūko kāda ksantofila struktūru VI.6. attēlā. Kāds tas ir pēc polaritātes?

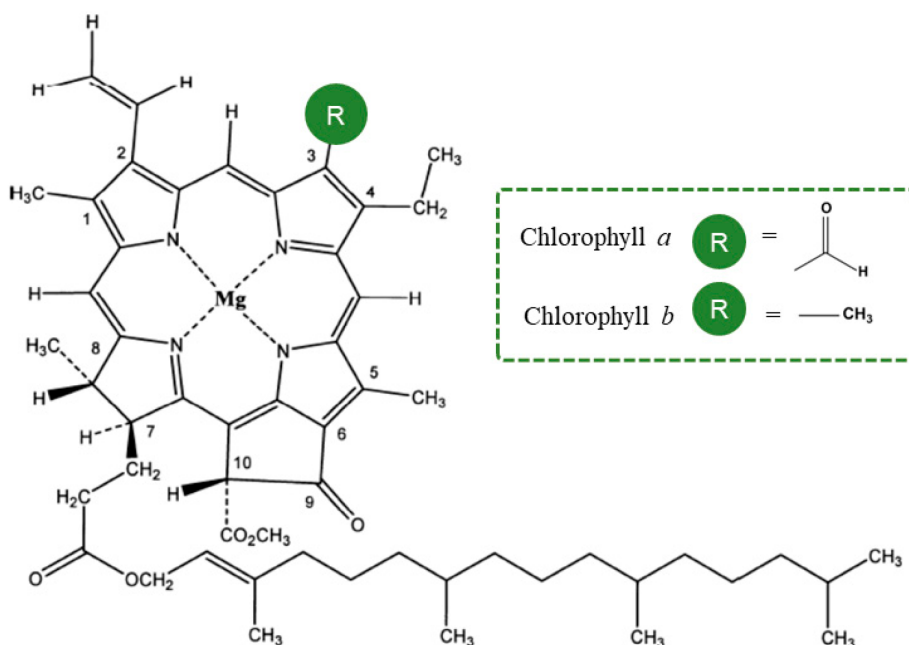
- (A) izteikti hidrofohs (C) amfifils (gan hidrofilis, gan hidrofohs)  
(B) izteikti hidrofilis

**2.8. Jaut. [1 p.]** Aplūko atšķirību starp hlorofilu a un b VI.7. attēlā. Kura viela ir vairāk hidrofila?

- (A) hlorofils a (B) hlorfils b



VI.6. Attēls. Ksantofils.



VI.7. Attēls. Hlorofila a un b atšķirības.

**2.9. Jaut. [4 p.]** Ņemot vērā iegūtās zināšanas un hromatogrāfijas rezultātus, sakārto augu pigmentus pēc  $R_f$  vērtībām, kur 1 ir visaugstākā un 4 viszemākā. Dotie pigmenti: hlorofils a, hlorofils b, karotīns, ksantofils. Informācijai: var būt vairāki dzeltenīgi pigmenti, tie ir dažādi šo pigmentu veidi, taču šeit teiksim, ka virs hlorofiliem ir viens pigments un zem tiem — otrs.

**2.10. Jaut. [1 p.]** Kāpēc augiem nepieciešams hlorofils b?

- (A) Tas nodrošina fototoksicitāti. (C) Tas palielina absorbcijas spektru.  
(B) Tas ir mitohondriju galvenais pigments.

**2.11. Jaut. [1 p.]** Kāpēc augiem nepieciešams karotīns?

- (A) Tas aizsargā pret fototoksicitāti un palielina absorbcijas spektru. (C) Tas pievilkina fitofāgus.  
(B) Tas ir priekštecis vielai, kura nodrošina redzes funkcijas. (D) Tas veido enerģijas rezerves.

**2.12. Jaut. [1 p.]** Augi sintezē pigmentus, izmantojot metaboliskos ceļus. Vēlreiz aplūko pigmentu uzbūves un izvēlies pareizo apgalvojumu.

- (A) Karotenoīdi tiek sintezēti no hlorofiliem. (C) Karotenoīdi tiek sintezēti no ksantofiliem.  
(B) Ksantofili tiek sintezēti no hlorofiliem. (D) Ksantofili tiek sintezēti no karotenoīdiem.