

---

## 2. 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, Marta Zamarīte

MŪS ATBALSTA:

Skol. Kristaps Ozoliņš, Skol. Daina Mazmača,  
Rīgas Valsts 1. ģimnāzija, Latvijas Universitāte, Rīgas Zoodārzs,  
Rīgas Stradiņa Universitāte, Zvaigzne ABC



LATVIJAS  
UNIVERSITĀTE  
ANNO 1919

Rīgas  
ZOODĀRZS



ZVAIGZNE ABC

2023. GADA 16. DECEMBRIS

---



# PREAMBULA

Laipni lūgti Bioloģijas komandu olimpiādē! Pirms sākt risināt uzdevumus, iepazīstieties ar turpmāko informāciju!

1. Teorētisko uzdevumu risināšanai jums ir 2 stundas un 30 minūtes — no plkst. 10.00 līdz plkst. 12.30. Pēc tam šie uzdevumi tiks savākti.
2. Laboratorijas darba un HOP testa veikšanai jums būs dota 1 astronomiskā stunda — apmēram no 12:40 līdz 13:40 (iespējama aizkavēšanās).
3. Pēc teorētisko uzdevumu atrisināšanas diviem komandas dalībniekiem jāpaliek šajā telpā, lai veiktu laboratorijas darbu, bet diviem komandas dalībniekiem jādodas uz aulu (2. stāvā pa vidu, pretī galvenajai ieejai), lai piedalītos HOP testā. Ja komandā trīs cilvēki, tad divi iet uz HOP testu un viens paliek uz laboratorijas darbu. Ja komandā divi cilvēki, tad viens iet un viens paliek. Laboratorijas darba tēma ir augu anatomija, bet HOP testa tēma ir zooloģija.
4. 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.
5. Pārliecinieties, ka esat saņēmuši visus saturā norādītos uzdevumus! Laboratorijas darbu saņemsit pēc teorētisko uzdevumu daļas beigām. **Ja kaut kā trūkst, informējiet organizatorus līdz plkst. 10.15!**
6. Katrs uzdevums ir saskavots kā atsevišķa čupiņa. Uzrakstiet komandas nosaukumu uz pirmās lapas! Drīkstat arī izņemt skavu un sadalīt uzdevumu pa atsevišķām lapām, bet tad uzrakstiet komandas nosaukumu uz katras lapas!
7. Olimpiādes laikā varat pamest klasi tikai, lai apmeklētu labierīcības.
8. Ja telpā esat divas komandas (viena 9.–10. klašu grupas, otra 11.–12.), tad ņemiet vērā, ka vienīgie **kopīgie uzdevumi** ir “Atšifrē sugu” un laboratorijas darbs (laboratorijas darba uzdevums būs pieejams pēc teorētisko uzdevumu risināšanas). Šī iemesla dēļ iesakām būt *īpaši klusiem* risinot šos uzdevumus, lai neiedotu informāciju otrai komandai.
9. Neskaidrību gadījumā meklējiet olimpiādes organizatorus skolotāju istabā (2. stāvā tieši pretī aulai).

Lai veicas! ☺





# SATURS

|            |                                                                                          |           |
|------------|------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>I</b>   | <b>Ziedošu Jaunavu Pavēnī [50 p.]</b>                                                    | <b>7</b>  |
| I.1        | Mendēļa atklājumi [35.3 p.]                                                              | 7         |
| I.2        | Atvasinājumi no Mendēļa ģenētikas [14.7 p.]                                              | 15        |
| <b>II</b>  | <b>Onkolimpiādes uzdevums [50 p.]</b>                                                    | <b>19</b> |
| II.1       | Ģēni retinoblastomā [7 p.]                                                               | 19        |
| II.2       | Reiz Filadelfijā [18 p.]                                                                 | 22        |
| II.3       | Audzēja genoms [9.5 p.]                                                                  | 27        |
| II.4       | Angioģenēze [15.5 p.]                                                                    | 31        |
| <b>III</b> | <b>Dzimumattīstība [50 p.]</b>                                                           | <b>39</b> |
| III.1      | Give me one margarita, I'mma... [12 p.]                                                  | 39        |
| III.2      | Saistaudu dažādība [5 p.]                                                                | 42        |
| III.3      | No paša sākuma [15.75 p.]                                                                | 43        |
| III.4      | Ārējā organoģenēze [6.75 p.]                                                             | 47        |
| III.5      | I used to float, now I just fall down ☹ [10.5 p.]                                        | 48        |
| <b>IV</b>  | <b>Neparasti prokariotu metabolismi [50 p.]</b>                                          | <b>55</b> |
| IV.1       | Slāpekļa cikls un notekūdeņi [18.25 p.]                                                  | 55        |
| IV.2       | Hot and steamy nukleīnskābes tavā rajonā [7.75 p.]                                       | 63        |
| IV.3       | Viens, divi... četri? [13 p.]                                                            | 67        |
| IV.4       | Spīdošās baktērijas [11 p.]                                                              | 72        |
| <b>V</b>   | <b>Atšifrē sugu [25 p.]</b>                                                              | <b>77</b> |
| V.1        | Ar basām kājām jūriņā [4.5 p.]                                                           | 78        |
| V.2        | "Mildiņ, uztaiši man tējiņ' ar mediņ'!" [1.5 p.]                                         | 78        |
| V.3        | Tāds skaistums, bet es ģībstu no karstuma [1.5 p.]                                       | 78        |
| V.4        | Fuj! kur tik rūgts! [1.5 p.]                                                             | 79        |
| V.5        | Ak! kāds tur mazulītis vizinās [2.5 p.]                                                  | 79        |
| V.6        | Ar skatu uz dzīvi otrādi [3 p.]                                                          | 79        |
| V.7        | Astoņas kājas mani sabiedēja līdz šokam [2.5 p.]                                         | 80        |
| V.8        | Viss nu gan ir sagājis auzās [2.5 p.]                                                    | 80        |
| V.9        | Vēja ātrumā iekāpu kakā [3 p.]                                                           | 80        |
| V.10       | Dosimies nu ilgajā ceļā kāpās [2.5 p.]                                                   | 81        |
| <b>VI</b>  | <b>Laboratorijas darbs: Augļi un to uzbūve (nav kopā ar pārējiem uzdevumiem) [50 p.]</b> | <b>83</b> |
| VI.1       | Ko tad mēs īsti ēdam? [12 p.]                                                            | 83        |
| VI.2       | Kas ābolam vēderā? [12 p.]                                                               | 83        |
| VI.3       | Kaimiņu dārzā āboli lielāki [26 p.]                                                      | 84        |



## UZDEVUMS

### I

# ZIEDOŠU JAUNAVU PAVĒNĪ [50 p.]

## Ievads



Att. I.1: Gregors J. Mendelis.

Stāsta sākums meklējams 19. gadsimta vidū. Zinātnē valdīja uzskats, ka dzimumvairošanās procesā abu vecāku “*esences*” saplūst, un pēcnācēju īpašības ir vecāku īpašību maisījums. Tajā pašā laikā kādā lauksaimniecībā mūsdienu Čehijas teritorijā piedzima Gregors Mendelis (I.1. att.). Bērībā Gregors nodarbojās ar biškopību un vēlāk iestājās ģimnāzijā, lai mācītos fiziku. Tomēr idille jaunības pavēnī nebija bezgalīga, un Gregors sastapās ar finansiālām grūtībām, kas ir aktuāla problēma arī mūsdienās.

Atšķirībā no mūsdienām Gregoram paverās kāda intriģējoša iespēja atrisināt savas finansiālās grūtības — viņš kļuva par mūku. Tādējādi viņš varēja par brīvu studēt fiziku un teorētisko filozofiju Vīnes Universitātē, kā arī iegūt skolotāja kvalifikāciju, pēc tam atgriežoties savā klosterī.

Kā zinātnieks viņš ievēroja interesantu vietu, kur veikt eksperimentus — sava klostera 0.8 hektārus lielo dārzu. Tā 1856. gadā (11 gadus pirms pētījuma rezultātu publicēšanas) sākas mūsu ceļojums ar Mendeli.

## I.1 Mendeļa atklājumi [35.3 p.]

### I.1.1 Pirmie eksperimenti un jauna paradigma [4.7 p.]

Viss sākas ar pareizu eksperimentā apskatāmās sugas izvēli. Ģenētikas eksperimentos desmitiem vai pat simtiem modeļorganismu tiks krustoti savā starpā un dažas iegūto pēcnācēju pazīmes analizētas. Kā izvēlēties atbilstošu modeļorganismu?

**Jautājums I.1.1.** Novērtējiet, kuri no apgalvojumiem patiesi raksturo piemērotu sugu krustošanas eksperimentu veikšanai. Ieliec krustiņu pie **P** (paties), ja tavuprāt apgalvojums atbilst ģenētikas eksperimentiem derīgai sugai, vai **A** (aplams), ja neatbilst. [0.7 p.]

|                                                                                                                                                            | <b>P</b>                 | <b>A</b>                 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| (1.) Sugai jābūt cilvēkam, jo citādi mēs nevaram pajautāt kādas ir pazīmes vai kā tie jūtas.                                                               | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| (2.) Sugas organismiem jābūt diezgan vienkāršam pārošanās rituālam vai veidam kā veidot pēcnācējus.                                                        | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| (3.) Sugai jābūt redzamām diskrētām pazīmēm, piemēram, krāsains vai balts, ir dobums vai nav, bet ne garums starp 5 un 8 cm.                               | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| (4.) Sugai jābūt pazīmēm, ko var ne tikai redzēt, bet arī saost vai izmērīt ar instrumentiem.                                                              | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| (5.) Pēc krustošanas pēcnācējiem (hibrīdiem) jāspēj izdzīvot gandrīz vienmēr. Nevar būt, ka daudzi pēcnācēji neizdzīvo (nav pamanāmi).                     | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| (6.) Krustojot noteiktus sugas organismus, krustošanās rezultātā pēcnācējam jābūt tieši no šiem organismiem — nav iespējams, ka cits organisms apaugļojis. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| (7.) Krustojot organismus savstarpēji vairākās paaudzēs tie neizmirst.                                                                                     | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

Mendelis saprata, ka viņam dārzā iespējams ļoti viegli audzēt visdažādāko šķirņu puķuzirņus. Viņš ievēroja, ka starp indivīdiem ir izdalāmas vairākas pazīmes, piemēram:

- Zirņi ir apaļi vai dobumaini;
- Zirņu endosperma ir koši dzeltena, bāli dzeltena vai arī zaļgana;
- Pāksts gluda vai iespiesta ap zirņiem;
- Augs ir normāla garuma (1–2 metri) vai arī punduris (20–50 cm).

Varam sākt eksperimentēt ar krustošanu. Vispirms nepieciešams iegūt tīras līnijas — šķirnes, kuru pārstāvji var daudzas paaudzes pēc kārtas krustoties savā starpā un saglabāt vienas un tās pašas pazīmes. Izvēlēsimies zirņu endospermas krāsu — dzeltena vai zaļa.

**Jautājums I.1.2.** Izmantojot zirņus no zirņu paciņas, izaudzējām dārzā 5 puķuzirņu indivīdus, no kuriem centīsimies iegūt **tīras līnijas** — vienu ar dzelteniem zirņiem, un otru ar zaļiem. Kad sāka plaukt ziedi, uzmanīgi, nepieskaroties auglenīcām, izgriezām ziediem putekšņlapas, un katra auga putekšņlapas ielikām atsevišķā kastītē. Augus numurēsim I, II, III, IV un V (un tāpat arī kastītes ar putekšņlapām). Augi I, II un IV bija ar zaļiem zirņiem un augi III un V — ar dzelteniem.

Vai tas, ka ir vairāk augu ar zaļiem zirņiem nekā dzelteniem nozīmē, ka zirņiem zaļa krāsa dominē pār dzelteno? Paskaidro savu domu gājieni! [1 p.]

**Jautājums I.1.3.** Izmantojot putekšņus no kastītēm, ar otu (pēc katras reizes kārtīgi nomazgātu) tos uzmanīgi uzklājām uz augiem:

- Auga I putekšņus uz auga I auglenīcas;
- Auga II putekšņus uz IV un otrādi (IV putekšņus uz II);
- Auga III uz V un otrādi.

Pēc tam ieguva zirņus sekojošās krāsās:

- Visi auga I zirņi bija zaļi;
- No auga II un IV arī tika novēroti tikai zaļi zirņi;
- No augiem III un V tika iegūti gan dzeltenie, gan zaļie zirņi.

Vai puķuzirņi ir spējīgi apaugļot paši savas auglenīcas? Kuri augstāk redzamie dati to apstiprina/apgāz? [1 p.]

Mendelis bija diezgan pārsteigts par šādu iznākumu — pēc tālaika uzskata, divu dzeltenu zirņu “esencēm” saplūstot, būtu jāiegūst tikai dzeltenī zirņi. Mendelis atkārtoja eksperimentu ar izaudzētajiem augiem no iegūtajiem dzeltenajiem zirņiem no otrās paaudzes un ieguva 50 dzeltenus un 6 zaļus zirņus. Vai, krustojot puķuzirņus ar vienādas krāsas zirņiem, pēc pietiekoši daudz paaudzēm ir iespējams iegūt tīras puķuzirņu līnijas? Paskaidro kādēļ. [1 p.]

**Jautājums I.1.4.** Mendelis, satraukts par zaļo zirņu iegūvi, krustojot augus ar dzelteniem zirņiem, vēlējās nolikt šo problēmu pie malas un pierādīt tālaika uzskatu: Krustojot tīru līniju ar zaļiem zirņiem ar tīru līniju ar dzelteniem zirņiem būtu jāiegūst zirņi ar dzeltenīgi zaļiem zirņiem. Mendelis ar otu apputeksņēja auglenīcas uz 10 abu veidu augiem, beigās iegūstot 439 zirņus. No tiem pilnīgi visi 439 bija dzeltenī. Vai uzskats par organismu “esencēm” ir apgāzts? Ja nē, kādi eksperimenti vēl jāveic, lai apstiprinātu/apgāztu? Ja jā, kādus eksperimentus tu vēl veiktu, lai nonāktu līdz ļoti skaidram rezultātu izskaidrojumam? [1 p.]

### I.1.2 Dominance un skaldīšanās [9.9 p.]

Mendela ģeniālā doma bija, ka pazīmju skaldīšanos izskaidro dominantu un recesīvu pazīmju esamība, proti, ka krustojot tīru līniju, kas satur dominantu pazīmi, ar tīru līniju, kas satur recesīvu pazīmi, iegūst organismus ar tikai dominantu pazīmi. Bet tomēr krustojot divas tīras līnijas ar dominantu pazīmi iegūst arī organismus ar recesīvu pazīmi; tātad nav tik vienkārši...

Izcili augu fiziologi ar mikroskopa palīdzību jau tajā laikā bija noskaidrojuši, ka jauns organisms veidojas vienai vīrišķajai dzimumšūnai (putekšņa graudiņš) saplūstot ar vienu sievišķo dzimumšūnu (iekšā auglenīcā) kopā vienā šūnā — zigotā —, no kuras var veidoties jauns organisms; dzimumšūnas sauc par **gametām**. Atkal no vienas gametas jauns organisms izveidoeties nevar, tādēļ varam izvirzīt hipotēzi, ka *organisms sastāv no diviem gametu variantiem jeb ir diploīds ( $2n$ ), bet gameta ir haploīda ( $n$ )*.

Pārbaudīsim to eksperimentāli! Mums ir iepriekš iegūtie 439 zirņi, no tiem izaudzēsim puķuzirņus (tos sauksim par hibrīdiem), kuru putekšņlapas nogriezīsim un no visām putekšņlapām putekšņus sajauksim kopā burciņā, kurus tad uzsmērēsim uz auglenīcām.

**Jautājums I.1.5.** Lai paredzētu krustojuma rezultātus mums palīgā nāks Penneta režģis, kas principā ir tabula. Kolonnu un rindu virsrakstos uzrakstīsim **allēli**, ko satur gameta (allēle A — dzeltenus zirņus izraisoša, allēle a — zaļus zirņus izraisoša), bet tabulās šūnās kombinēsim gametas. Aizpildi tukšos lauciņus Penneta režģī. **Dominanto allēli vienmēr raksti pirms recesīvās**, proti, Aa nevis aA. [0.4 p.]

| ♂♀ | A | a |
|----|---|---|
| A  |   |   |
| a  |   |   |

**Jautājums I.1.6.** Balstoties uz iegūto Penneta režģi, kādi ir sagaidāmie krustojuma rezultāti? Atbildi izsaki gan kā attiecību x:y dzeltenī:zaļi, gan kā daļskaitļus  $\frac{p}{q}$  dzeltenī un  $\frac{r}{s}$  zaļi, gan arī procentos P% dzeltenī un Q% zaļi, kur burtu vietā raksti skaitļus. Norādi arī kā nokļūvi līdz rezultātiem! [2 p.]

**Jautājums I.1.7.** Pārformulē augstāk uzrakstīto hipotēzi pareizi, proti, paredzot, kādā skaldījumā iegūsim rezultātus no augstāk aprakstītā eksperimenta! [1 p.]

**Jautājums I.1.8.** Mendelis nevarēja iestādīt visus 439 zirņus, tādēļ no tiem nejauši izvēlējās 40 zirņus, ko savstarpēji krustoja kā aprakstīts augstāk. Beigās viņš ieguva 1384 zirņus, no kuriem 1022 bija dzeltenī un pārējie zaļi.

Vai eksperimenta rezultāti atbilst paredzētajiem balstoties uz hipotēzi par ploīdiju un allēlēm? Pamato ar aprēķiniem no dotajiem datiem! Kā tu izskaidrotu datu novirzi no paredzētajiem rezultātiem? [2 p.]

Vai fakts, ka Mendelis izvēlējās tikai 40 zirņus no 439 visticamāk būtiski mainīja eksperimenta rezultātus? Paskaidro! [1 p.]

**Jautājums I.1.9.** Zināšanu pārbaudei, definē abus augstāk izceltos terminus, un paskaidro kā, zinot genotipu, var noteikt organisma fenotipu. [2 p.: 0.5, 0.5, 1 p./atb.]

Genotips —

Fenotips —

Kā genotips  $\Rightarrow$  fenotips:

**Jautājums I.1.10.** Katrā lodziņā ieraksti īsto organismu genotipu pēc pazīmes “zirņa endospermas krāsa” — dzeltena vai zaļa. P — tīras līnijas genotipi, F<sub>1</sub> — pirmā krustotā paaudze, F<sub>2</sub> — otrā krustotā paaudze. Bultiņa  $\odot$  šeit norāda, ka F<sub>1</sub> paaudzē organismi tiek krustoti savstarpēji. [1.5 p.]

|                |            |                      |     |                      |                                |
|----------------|------------|----------------------|-----|----------------------|--------------------------------|
| P              | (dzeltēni) | <input type="text"/> | ×   | (zaļi)               | <input type="text"/>           |
| F <sub>1</sub> | (dzeltēni) | <input type="text"/> | ×   | $\odot$              |                                |
| F <sub>2</sub> | (dzeltēni) | <input type="text"/> | vai | <input type="text"/> | un (zaļi) <input type="text"/> |

### I.1.3 Divi gēni [11 p.]

Šajā brīdī esam atklājuši pirmos divus Mendēļa likumus — 1. likumu par dominanci un 2. likumu par neatkarīgu segregāciju. Bet Mendelis formulēja vēl vienu likumu, ko līdz šim neesam varējuši aplūkot.

Trešais likums ir par to, kas notiek apskatot pazīmes divos gēnos. Turpinot strādāt ar zirņiem, varam ievērot, ka katrs zirnis ir vai nu skaisti apaļš vai arī krunkulains.

**Jautājums I.1.11.** Pašreiz darbosimies ar tīro līniju ar dzeltenajiem zirņiem. Starp tiem ir daudz apaļu un daudz krunkulainu zirņu, kas mums ir tieši vajadzīgs. Mums ir ļoti daudz dzeltenu zirņu. Izveidosim tīras līnijas: apaļi dzeltēni un krunkulaini dzeltēni. Izvēlēsimies 10 dzeltenus krunkulainus zirņus un 10 dzeltenus apaļus zirņus un no tiem izaudzēsim puķuzirņu stādus, ko pēc tam krustosim (apaļos ar krunkulainajiem) kā jau raksturots pirms tam (nepieļausim apaļu un apaļu apaugļošanu, tāpat arī krunkulainu-krunkulainu); izmantosim allēles B un b šajai pazīmei (A un a norāda zirņu krāsu).

Kad zirņi pākstīs nogatavojās, ieguvām 570 zirņus, no kuriem visi bija apaļi dzeltēni. Sāksim ar noteikšanu, kura allēle ir dominanta, kura recesīva. **Vienā no lodziņiem ieraksti “krunkulaini”, otrā “apaļi”!** [1 p.]

| allēle | Atbilstošā zirņu forma (dzeltēni) |
|--------|-----------------------------------|
| B      | <input type="text"/>              |
| b      | <input type="text"/>              |

Kāds ir genotips (gan krāsas, gan formas nosakošajā gēnā — būs 4 burti) vai genotipi (ja vairāki iespējami — atdali ar komatu) pirmās paaudzes puķuzirņiem šajā krustojumā? [1 p.]

**Jautājums I.1.12.** Izveidosim vēl tīras līnijas: Apaļi zaļi un krunkulaini zaļi. Uzraksti katras tīrās līnijas genotipu šajos divos gēnos (izmantojot A, a, B, b): [2 p.]

| Raksturojums         | Genotips |
|----------------------|----------|
| Krunkulaini dzelteni |          |
| Krunkulaini zaļi     |          |
| Apaļi dzelteni       |          |
| Apaļi zaļi           |          |

**Jautājums I.1.13.** Tagad krustosim divas tīras līnijas atšķirīgas pēc abām pazīmēm — krunkulainus dzeltenus ar apaļiem zaļiem. Pirmajā paaudzē visi zirņi bija vienādi. Kāds ir to genotips un fenotips? Ja visiem tas nav vienāds, atdali variantus ar komatu. [1 p.]

|          |  |
|----------|--|
| Genotips |  |
| Fenotips |  |

Šos pirmās paaudzes zirņus krustoja savstarpēji (putekšņus visus sajauc vienā kastītē un tad no tās uzsmērēja). Penneta režģī ieraksti gametu alleles un aizpildi režģi (kādā secībā gametu genotipi nav svarīgi); vienmēr raksti A/a allēli pirms B/b allēles. [2.4 p.]

|    |  |  |  |  |
|----|--|--|--|--|
| ♂♀ |  |  |  |  |
|    |  |  |  |  |
|    |  |  |  |  |
|    |  |  |  |  |
|    |  |  |  |  |

**Jautājums I.1.14.** Kopā ir izdalāmi (cik?)  fenotipi. [0.6 p.] Katru no tiem raksturo zemāk tabulā. Fenotipu skaldījumu raksti daļskaitļos ailītē "Proporcija", kur visiem daļskaitļiem ir viens saucējs. Kad vairs nav fenotipu, **nosvīturo ar X atlikušo rindu numuru** zemāk esošajiem (ja pēc tam pārdomā un gribi izlabot X, blakus vienkārši uzraksti tās rindas numuru atkal un aizpildi rindiņu); **aizpildītajam rindu skaitam jāsakrīt ar atšķirīgu fenotipu skaitu.** [2 p.]

| Nr. | Fenotips | Atbilstošais genotips/genotipi | Proporcija |
|-----|----------|--------------------------------|------------|
| 1   |          |                                |            |
| 2   |          |                                |            |
| 3   |          |                                |            |
| 4   |          |                                |            |
| 5   |          |                                |            |
| 6   |          |                                |            |
| 7   |          |                                |            |
| 8   |          |                                |            |

Tātad kopumā fenotipu skaldījums ir (raksti dilstošā secībā kā proporcijas, piemēram, 7:5:2:2:1): [1 p.]

#### I.1.4 Man, lūdzu, trīs gēnus! [9.7 p.]

Iepriekšējā sadaļā aplūkojām 3. Mendeļa likuma — segregācija katrā pazīmē ir neatkarīga — sekas. Bet tas pats likums ir arī spēkā trim gēniem, par ko šajā sadaļā. Iepriekšējā sadaļā tu ieguvi skaldījumu divos gēnos (šajā sadaļā nav nepieciešams, lai atbildētu uz jautājumiem); atkal, kad tiek aplūkoti vairāk par diviem gēniem ir daudz grūtāk uzzīmēt Penneta režģi, tādēļ jāatrod cits veids kā noteikt skaldījumu. Aplūkosim sekojošo gadījumu trīs gēnos. Pirmajai paaudzei šeit lietosim simbolu  $F_0$ , jo tās ne obligāti ir tīras līnijas, bet visi organismi ir ģenētiski vienādi. Tāpat kā iepriekš ir spēkā visi trīs Mendeļa likumi.

|       |                 |
|-------|-----------------|
| $F_0$ | aabbcc × AABbcc |
| $F_1$ | ?               |



**Jautājums I.1.15.** Aplūkosim gēnu A/a. No organisma pa kreisi (augstāk redzamajā krustojumā — aabbcc × AABbcc) gameta noteikti saturēs allēli a, bet pa labi — A, tātad pirmās paaudzes organismam gēnā A/a būs genotips:  (gēnus B/b, C/c šeit vēl neieraksti). Atkal aplūkojot gēnu B/b no organisma pa kreisi atkal zigota saņems b, bet no organisma pa labi ir divas iespējas: B vai b. Katra notiek ar iespēju %. Toties gēnā C/c no abām gametām zigota saņems allēli c, tātad gēnā C/c būs cc. Tātad kopumā ir iespējami (cik?)  fenotipi, kas skaldās (ieraksti proporciju, piem., 7:3:1) . [2.5 p.: 0.5, 0.5, 0.5, 1 p./atb.]

**Jautājums I.1.16.** Ļoti līdzīgi var rīkoties arī ar sarežģītākiem krustojumiem. Piemēram:

$$\begin{array}{c|c} F_0 & aaBbCc \times AABbcc \\ F_1 & ? \end{array}$$

Vadoties pēc metodes iepriekšējā jautājumā izdomā cik un kādi būs fenotipi (apzīmē ar A– vai aa, dominantam un recesīvam attiecīgi, tāpat arī pārējos gēnos) un kā tie skaldīsies (gala atbildi norādi kā proporciju). Norādi pilnu domu gājieni un aprēķinus. [3 p.]

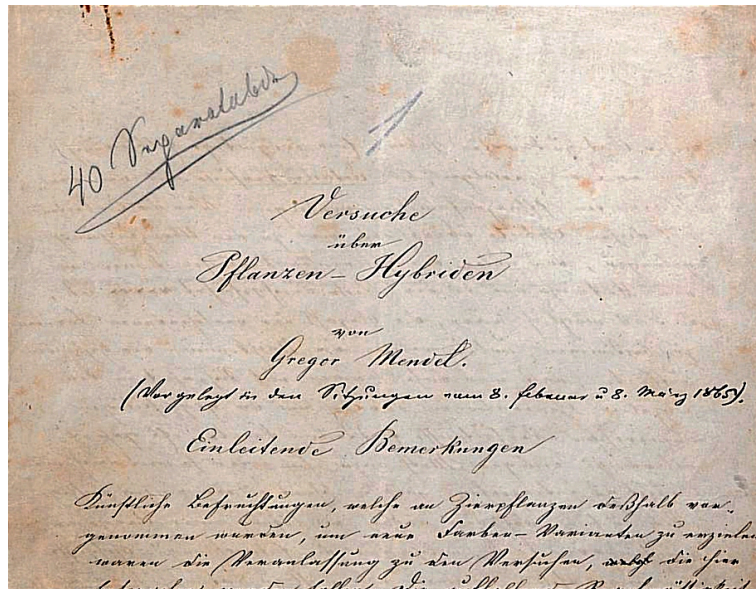
**Jautājums I.1.17.** Un visbeidzot apskatīsim trīs gēnu “pērli” — skaldišanos trīs heteroziotos gēnos:

$$\begin{array}{c|c} F_0 & AaBbCc \times AaBbCc \\ F_1 & ? \end{array}$$

Līdzīgi kā I.1.4. jautājumā atrodi fenotipus un skaldījumu šajā jautājumā dotajam krustojumam. Raksti izvērstu atbildi, iekļaujot spriedumus un aprēķinus. [4.2 p.]

Ar to arī beidzam absolūti un neapšaubāmi *klasisko* Mendēļa ģenētiku. Izgājām cauri procesam visu trīs Mendēļa likumu atklāšanā, lai gan ļoti izkristalizētā veidā no Mendēļa sākotnējās publikācijas, kuras angļu tulkojumu ļoti veigli iespējams atrast googlē — redzēsiet, ka patiesībā Jūsu bioloģijas grāmatas ģenētika ir skaisti pārrakstīta no Mendēļa publikācijas vairāk nekā pirms 150 gadiem: *Versuche über Pflanzen-Hybriden* (tulk. no vācu: “Eksperimenti augu hibrizācijā”), tituldaļa attēlota I.2. attēlā.

Un ar Mendeli (piezīme, gan, ka ar vēl pārdesmit gadu pauzi...) arī sākās revolūcija bioloģijā — tās tālākajos soļos gūsīm ieskatu tālākajā uzdevumā.



Att. I.2: Mendēla seminālā raksta manuskripta sākums. Viss manuskripts ir Mendēla paša rakstīts. Rokraksts ir vecais vācu standarts — *Kurrent*.

## I.2 Atvasinājumi no Mendēla ģenētikas [14.7 p.]

Šajā sadaļā mēs vairs neesam limitēti darbam ar puķuzirņiem, bet gan varam eksperimentēt uz jebkādiem organismiem, kas pie sirds (ētikas robežās, *protams*).

### I.2.1 Kādēļ neskaldās kā gaidāms? [10.9 p.]

Tik ļoti sapriecājamies par beigšanu strādāt ar puķuzirņiem, ka ieskrējām blakus dārzā un sākām strādāt ar lielajām lauvmutītēm *Antirrhinum majus* (I.3. att.).



Att. I.3: Lielās lauvmutītes.

Pavisam vienkārši, sāksim kā iepriekš. Esam izveidojuši divas tīras līnijas: Vienu ar sarkanām vainaglapām un otru ar baltām vainaglapām. Pirms tam esam noskaidrojuši, ka sarkano krāsu izraisa enzimatiska reakcija, kur enzīms X noved pie sarkanā pigmenta sintēzes, proti, sarkaniem ziediem; mutēta enzīma X gadījumā pigments netiek sintezēts, un zieds ir balts. Šīs līnijas pēc tam krustosim.

**Jautājums I.2.1.** Ņemot vērā aprakstu par enzīmu X, mutācija enzīmā X ir (apvelc pareizo)? [1 p.]

- (A) funkcijas zaudēšanas mutācija      (B) funkcijas iegūšanas mutācija      (C) neitrāla mutācija      (D) neviena no minētajām

**Un tāpat allēle sarkaniem ziediem R būs dominanta allēlei baltiem ziediem r.**

**Jautājums I.2.2.** Krustoja sarkanus ar baltiem ziediem un no sēklām izaudzēja nākamās paaudzes augus. Tie visi bija rozā! Tos savstarpēji krustoja un ieguva 42 sarkanus ziedus, 46 baltus ziedus un arī 104 rozā ziedus (!). Izrādījās, ka rozā krāsu izraisa uz pusi mazāks sintezētā sarkanā pigmenta daudzums šūnā. Aizpildi genotipus pirmajām divām paaudzēm un tad Penneta režģi paaudzei F<sub>2</sub> un raksturo kuram fenotipam atbilst kurš/kuri genotipi, un kāds ir skaldījums. Atbildes pamato. [3.3 p.: 1.5, 0.8, 1 p./atb.]

|                |           |                      |   |         |                      |
|----------------|-----------|----------------------|---|---------|----------------------|
| P              | (sarkani) | <input type="text"/> | × | (balti) | <input type="text"/> |
| F <sub>1</sub> | (rozā)    | <input type="text"/> | × | ○       |                      |

Paaudze F<sub>2</sub>:

|    |  |  |  |
|----|--|--|--|
| ♂♀ |  |  |  |
|    |  |  |  |
|    |  |  |  |

Fenotipi, skaldījums un skaidrojums:

**Jautājums I.2.3.** Kā sauc šādu fenomenu — skaldīšanās vieda iemeslu (trīs fenotipi tajā skaldījumā)? [1 p.]

**Jautājums I.2.4.** Krustoja sarkanus ar rozā ziediem. Kāds skaldījums ir paredzams? Aizpildi Penneta režģi un paskaidro kā nonāci līdz skaldījumam. [2.8 p.: 0.8, 2 p./atb.]

|    |  |  |  |
|----|--|--|--|
| ♂♀ |  |  |  |
|    |  |  |  |
|    |  |  |  |

Skaldījums un skaidrojums:

**Jautājums I.2.5.** Krustoja rozā ar baltiem ziediem. Kāds skaldījums ir paredzams? Aizpildi Penneta režģi un paskaidro, kā nonāci līdz skaldījumam. [2.8 p.: 0.8, 2 p./atb.]

|    |  |  |  |
|----|--|--|--|
| ♂♀ |  |  |  |
|    |  |  |  |
|    |  |  |  |

Skaldījums un skaidrojums:

## I.2.2 Netika tālāk par zigotu [3.8 p.]

Iepriekš apskatījām enzīmu, kas sintezē pigmentu, bet, kas notiek, ja enzīms nepieciešams izdzīvošanai?

**Jautājums I.2.6.** Peļu kažoks var būt brūngans vai iedzeltenš; izrādās enzīms, kas iesaistīts kažoka pigmenta izveidē, arī nepieciešams, lai izdzīvotu. Pietiek pat ar ļoti maz šī enzīma, lai organisms izdzīvotu, bet, ja nav funkcionāla šī enzīma vispār, tad organisms neizdzīvo tālāk par zigotu (pele nepaliek stāvoklī).

Brūnganas peles krustojot savā starpā iegūst tikai brūnganas peles. Krustoja brūnganas peles ar dzeltenām un visi pēcnācēji bija brūngani.

Visbeidzot arī aplūkosim sekojošo krustojumu: Krustoja iedzeltenas peles ar iedzeltenām un ieguva sekojošo skaldījumu: 31 brūnganas, 10 iedzeltenas. Nosaki atbilstošo genotipu katram fenotipam un izskaidro novēroto skaldījumu aizpildot Penneta režģi. Paskaidro kādēļ neiegūst sagaidāmo atildi no Penneta režģa, proti, tieši otrādi iegūst novēroto skaldījumu. Dominantā allēli apzīmē ar N un recesīvo ar n. [3.8 p.: 1, 0.8, 2 p./atb.]

| Raksturojums | Genotips/genotipi |
|--------------|-------------------|
| Brūnganas    |                   |
| Iedzeltenas  |                   |

|    |  |  |  |
|----|--|--|--|
| ♂♀ |  |  |  |
|    |  |  |  |
|    |  |  |  |

Skaldījums un skaidrojums:

## UZDEVUMS

### II

# ONKOLIMPIĀDES UZDEVUMS [50 p.]

## Ievads

Audzējs, saukts arī par neoplazmu, ir anormāla audu masa, kas rodas pārmērīgas, nekontrolētas un progresējošas šūnu dalīšanās rezultātā. Problēma sākas, kad viena šūna piedzīvo transformāciju – procesu, kad normāla šūna kļūst par vēža šūnu. Imūnsistēma parasti atpazīst transformēto šūnu kā iebrucēju un iznīcina to. Taču, ja šūna izbēg no iznīcināšanas, tā var sākt vairoties un veidot audzēju. Ja anormālās šūnas paliek oriģinālajā vietā, šo audu masu sauc par labdabīgu (benignu) audzēju. Vairums labdabīgo audzēju neizraisa nopietnas problēmas un var tikt pilnībā izgriezti ar operāciju. Savukārt ļaundabīgi (maligni) audzēji kļūst pietiekami invazīvi, lai traucētu viena vai vairāku orgānu funkcijas. Ja individuālim ir ļaundabīgs audzējs, var teikt, ka tam ir vēzis. Nozari, kas pēta audzējus, to cēloņus, attīstību, ārstēšanas un profilakses iespējas, sauc par onkoloģiju.

## II.1 Gēni retinoblastomā [7 p.]

Galvenie gēnu veidi, kas ir nozīmīgi vēža attīstībā ir onkogēni, audzēju supresori un DNS labošanas gēni (*caretakers*). Informācija par gēnu klasēm apkopota tabulā II.1.

**Jautājums II.1.1.** Izmantojot informāciju tabulā II.1, norādi, kuru gēnu veidu (proto-onkogēnu, audzēju supresoru, “caretaker” gēnu) mutācijas ir ģenētiski dominantas, bet kuru – recesīvas! [2 p.]

|                |                      |
|----------------|----------------------|
| Dominanta/-as: | <input type="text"/> |
| Recesīva/-as:  | <input type="text"/> |

Retinoblastoma ir rets acu ļaundabīgs audzējs, kas gandrīz vienmēr sastopams tikai bērnībā. Retinoblastomas attīstību nosaka retinoblastomas (RB1) gēna mutācijas nenobriedušajās tīklenes šūnās (retinoblastos). Retinoblastiem piemīt ļoti ātras augšanas spējas. Vēlāk tie pārstāj augt un attīstās par nobriedušām tīklenes šūnām, kas spēj uztvert gaismu. Retos gadījumos nenobriedušie retinoblasti turpina ātro augšanu kļūst nekontrolējami, attīstoties par audzēju. Izmaiņas RB1 gēnā var notikt spontāni atsevišķos retinoblastos pirms vai pēc bērna piedzimšanas. Dažreiz izmainīto gēnu bērns manto no mātes vai tēva, tādējādi mutētais gēns atrodas visās ķermeņa šūnās, ieskaitot visas tīklenes šūnas un visas dzimumšūnas. Tas nozīmē, ka pacients ir piedzimis ar šīs slimības risku un var to nodot arī savām atvasēm. Individīdiem ar iedzimtu RB1 gēna mutāciju ir paaugstināts risks dzīves laikā saslimt arī ar cita veida ļaundabīgu audzēju, piemēram, ar osteosarkomu (kauļu audzēju). Aptuveni 40% retinoblastomu ir iedzimtas, kas nozīmē, ka šiem bērniem pastāv augsts audzēja attīstības risks (9 no 10 bērniem attīstās retinoblastoma). Lielākajai daļai pacientu (apmēram 60%) izmainītais gēns ir atrodams tikai pašā audzējā. Šiem pacientiem ir nepārmantots (sporādisks) retinoblastomas veids. Tā kā cilvēka šūnās hromosomas ir pa pāriem, katrā šūnā ir arī divi RB1 gēni. Ja retinoblastam ir vismaz viens neizmainīts RB1 gēns, retinoblastoma neattīstīsies. Tikai tad, kad abi RB1 gēni ir izmainīti, veidosies audzējs (skat. II.1. att.) . Pastāv unilaterāla (skar vienu aci) un bilaterāla

|                   | Normāla gēnu funkcija                 | Gēnu produktu piemēri                                                                                                                     | Mutācijas sekas                                                                                             | Mutāciju izcelsme                                             |
|-------------------|---------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| Proto-onkogēni    | Veicina šūnu izdzīvošanu/vairošanos   | Anti-apoptotiskie proteīni; šūnu komunikācijas un signālu pārnese ceļu komponenti, kas rezultējas šūnu vairošanās; transkripcijas faktori | Funkciju iegūšanas ( <i>gain-of-function</i> ) mutācijas iespējo neregulētu šūnu vairošanos un izdzīvošanu  | Punktveida mutācija; hromosomālā translokācija; amplifikācija |
| Audzēju supresori | Inhibē šūnu izdzīvošanu/vairošanos    | Apoptozi veicinoši proteīni; šūnas cikla progresijas inhibitori; signālu pārnese ceļu komponenti, kas ierobežo šūnu vairošanos;           | Funkciju zaudēšanas ( <i>loss-of-function</i> ) mutācijas iespējo neregulētu šūnu vairošanos un izdzīvošanu | Delēcija; punktveida mutācija; metilācija                     |
| “Caretaker” gēni  | Labo DNS bojājumus un pasargā no tiem | ...<br>DNS labošanas enzīmi                                                                                                               | Funkciju zaudēšanas mutācijas ļauj mutācijām uzkrāties                                                      | Delēcija; punktveida mutācija; metilācija                     |

Tabula II.1: Gēnu veidi, kas iesaistīti audzēju attīstībā, un tiem raksturīgās īpašības.

(skar abas acis) retinoblastoma. Unilaterāla retinoblastoma visbiežāk rodas sporādiski, bet bilaterāla — iedzimtas RB1 mutācijas gadījumā.

Attēlā II.2 redzama G1 ciklīna darbība, bet attēlā II.3 – Rb proteīna darbība (Rb atbilst RB1 gēnam). Ciklīni – proteīni, kas asociēti ar šūnas cikla progresiju un mitozes iniciāciju. Cdk (no ciklīna atkarīgās kināzes) — aktivizē šūnas cikla progresiju, fosforilējot citas molekulas; aktīvas tikai, kad ir saistītas ar ciklīniem. E2F — transkripcijas faktors.

**Jautājums II.1.2.** Izmantojot doto informāciju par gēnu klasifikāciju (II.1. tabula) un shēmas par retinoblastomu (attēli II.2 un II.3), klasificē dotās molekulas, ierakstot tabulā “x” vajadzīgajās ailēs! [3 p.]

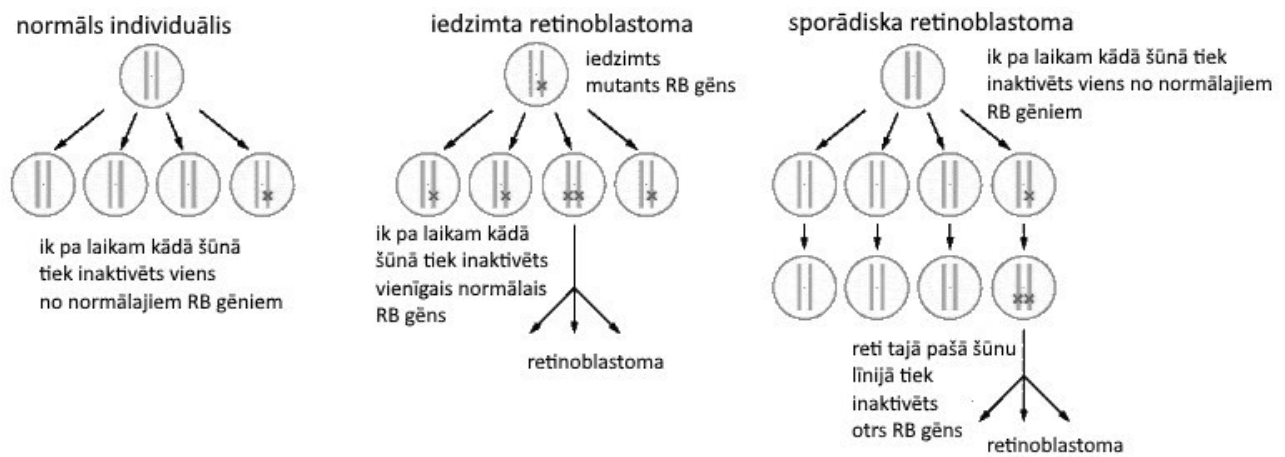
| Molekula            | Proto-onkogēns           | Audzēja supresors        |
|---------------------|--------------------------|--------------------------|
| Rb                  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Cdk                 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| E2F                 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Augšanas inhibitori | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

**Jautājums II.1.3.** Attēlā II.4 redzams ciltskoks, kurā attēlota retinoblastomas pārmantojamība. Kāds pārmantojamības modelis organisma līmenī raksturīgs retinoblastomai? Pamato savu izvēli! [2 p.]

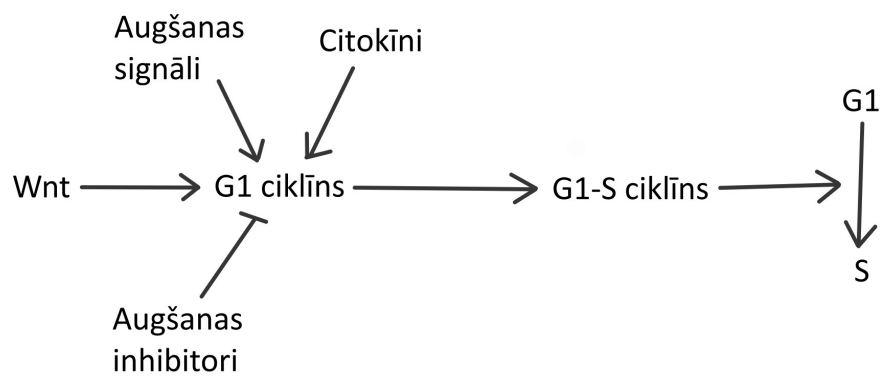
- (A) Autosomāls dominants      (B) Autosomāls recesīvs      (C) Ar X hromosomu saistīts dominants      (D) Ar X hromosomu saistīts recesīvs

**Pamatojums:**

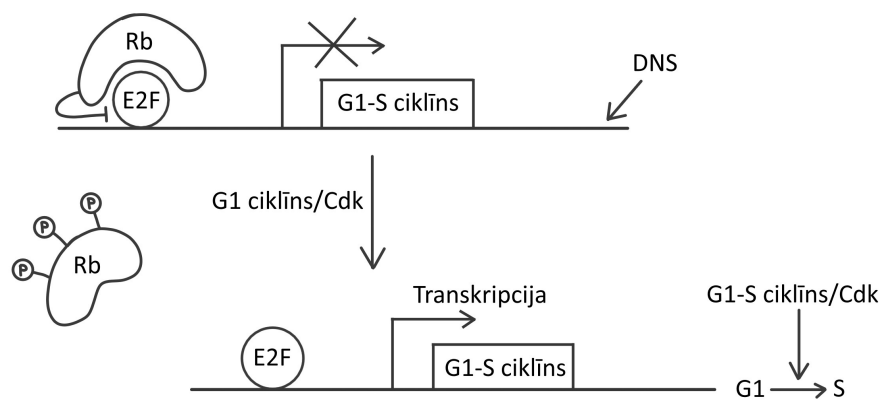




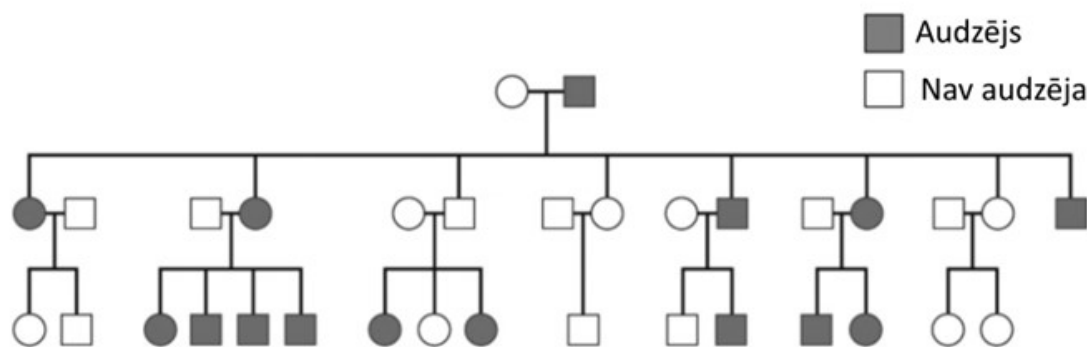
Att. II.1: Sporādiskas un iedzimtas retinoblastomas veidošanās.



Att. II.2: G1 ciklīna darbība un tā regulatorās molekulas.



Att. II.3: Rb proteīna darbība un inaktivācija fosforilācijas ceļā.



Att. II.4: Retinoblastomas pārmantojamības ciltskoks.

## II.2 Reiz Filadelfijā [18 p.]

Hroniska mieloīda leikēmija (CML) ir reti sastopams vēža veids kaulu smadzenēs. Tā izpaužas paaugstinātā balto asins šūnu skaitā asinīs. Nosaukumā “hroniska” nozīmē, ka leikēmija attīstās salīdzinoši lēni (atšķirībā no akūtajām leikēmijām). Savukārt “mieloīda” apzīmē ietekmētās šūnas. Multipotentās hematopoētiskās cilmes šūnas var diferencēties par mieloīdajām cilmes šūnām vai limfoīdajām cilmes šūnām. Mieloīdās cilmes šūnas pēc tam diferencējas par eritrocītiem, granulocītiem (neitrofiliem, eozinofiliem un bazofiliem), monocītiem un trombocītiem, bet limfoīdās cilmes šūnas — par limfocītiem un naturālo killeru šūnām. CML gadījumā kaulu smadzenēs abnormāli veidojas granulocīti.

**Jautājums II.2.1.** Kurā no attēliem II.5 zemāk redzams paraugs no leikēmijas slimnieka un kurā – vesela cilvēka? [0.5 p.]

|            |                          |
|------------|--------------------------|
| Slimnieks: | <input type="checkbox"/> |
| Vesels:    | <input type="checkbox"/> |

**Jautājums II.2.2.** Ar bultiņām norādi un pieraksti vienu eritrocītu un vienu granulocītu II.5. attēlos! [1 p.]

Filadelfijas chromosoma (Ph) ir ģenētiska abnormalitāte 22. hromosomā leikēmijas vēža šūnās (īpaši hroniskā mieloīda leikēmijā). Tās nosaukums cēlies no pilsētas nosaukuma, kurā atradās iestādes, kurās tika atklāta šī parādība.

**Jautājums II.2.3.** Zināms, ka filadelfijas hromosoma ir klātesoša 90% hronisko mieloīda leikēmiju gadījumu (CML), 20% akūto limfoīda leikēmiju (ALL) un 2% akūto mieloīda leikēmiju (AML). Zināms arī ka 2,2 no 100000 cilvēkiem dzīves laikā saslimst ar CML, ar ALL saslimst 3,4 no 100000 cilvēkiem, bet ar AML — 4,7 no 100000. Tāpat arī zināms, ka, ja indivīdam kādā šūnā ir Filadelfijas hromosoma, pastāv 60% varbūtība, ka neizpaužies leikēmija. **Aprēķini, cik procentiem cilvēku ir Filadelfijas hromosoma!** [3 p.] (Izmantotās vērtības pilnībā neatbilst patiesajai statistikai. Šāda veida datus nav viegli iegūt.)

**Jautājums II.2.4.** Aplūko Filadelfijas hromosomas veidošanās shēmu (attēls II.6)! Kā sauc procesu, kas attēlots shēmā? [1 p.]

Šī procesa rezultātā rodas “fusion” gēns BCR-ABL1, saplūstot gēnam ABL1 un BCR. ABL1 gēns parasti kodē tirozīna kināzi ABL (kināzes — enzīmi, kas katalizē fosfātgrupu pārneš uz substrātu). Tika atklāts, ka BCR-ABL proteīnam ir pastiprināta kināzes aktivitāte. Tas ietekmē vairākus signalizēšanas ceļus, kas tieši ietekmē apoptozes potenciālu, šūnu dalīšanās ātrumu un dažādus šūnas cikla posmus, panākot nekontrolētu

Imatinibs (Gleevec) ir neliela molekula, kas darbojas kā vairāku tirozīna kināžu inhibitoru. To īpaši izmanto CML ārstēšanai. Attēlā II.7 redzams Gleevec darbības mehānisms.

**Jautājums II.2.5.** Kāda veida inhibīciju veic imatinibs? [1 p.]

- (A) Nekonkurējošo inhibīciju      (B) Konkurējošo inhibīciju      (C) Allosterisko inhibīciju      (D) Nespecifisko inhibīciju

**Jautājums II.2.6.** Aplūko imatiniba “space-fil” modeli (attēls 2.5)! Kurš attēls (2.6 A-D) atbilst imatiniba saistīšanās vietai uz BCR-ABL proteīna? Apvelc burtu attēlā 2.6! [1 p.] (piezīme: zinātniski korekts ir tikai imatiniba modelis; reālajā dzīvē tā saistīšanās ar BCR-ABL ir daudz grūtāk modelējama)

**Jautājums II.2.7.** Aplūko imatiniba “space-fil” modeli (attēls 2.5)! Kurš attēls (A–D) atbilst imatiniba saistīšanās vietai uz BCR-ABL proteīna? Apvelc burtu attēlā 2.6! [1 p.] (**Piezīme:** zinātniski korekts ir tikai imatiniba modelis; reālajā dzīvē tā saistīšanās ar BCR-ABL ir daudz grūtāk modelējama.)



Aplūko diagrammu (grafiks II.9), kurā redzama CML attīstība kādam pacientam, kā arī vesela cilvēka atbilstošais rādītājs!

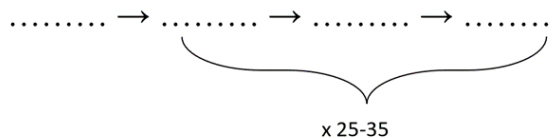
**Jautājums II.2.8.** Aprēķini, cik reizu vairāk leukocītu ir pacientam nekā veselajam cilvēkam, kad pacienta CML ir vislielākā izpausme! [1 p.]

**Jautājums II.2.9.** Aprēķini, par cik procentiem palielinājās pacienta leukocītu skaits laikā no 1. nedēļas līdz 10. nedēļai! [1 p.]

**Jautājums II.2.10.** Grafika daļā, kurā novērojams leukocītu samazinājums pacientam, tika veikta ārstēšana ar imatinibu, kas bijusi efektīva. Taču pēc kāda laika perioda CML atsākusi strauji progresēt, neskatoties uz imatiniba lietošanu. Kā izskaidrojama šāda parādība? Piedāvā risinājumu! [1.5 p.]

Lai diagnosticētu vai izslēgtu CML, var tikt izmantots BCR-ABL ģenētiskais tests. Viens no veidiem kā noteikt BCR-ABL klātbūtni ir izmantojot polimerāzes ķēdes reakciju (PCR). Šajā metodē tiek aplūkots, vai šūnā ir mRNS, kas nes informāciju par BCR-ABL. Vispirms no mRNS tiek iegūta komplementārā DNS. Tad šīs DNS konkrētus posmus amplificē ar PCR. Pēc tam veic agarozes gēla elektroforēzi, lai noteiktu paraugos klātesošus ģēnus.

**Jautājums II.2.11.** Saliec RT-PCR soļu numurus pareizajās vietās shēmā: 1. DNS denaturācija; 2. jaunas DNS sintēze; 3. reversā transkripcija; 4. praimeru saistīšanās ar DNS komplementārajām sekvencēm! [1 p.]



Ne visi BCR-ABL ģēni un transkripti (mRNS) ir vienādi, tādēļ pastāv atšķirīgi BCR-ABL tipi (skat. tabulu II.2). BCR gēna izmērs ir 808 bp. Aplūko gēla elektroforēzes attēlu (skat. Attēls 2.6)! Agarozes gēlā DNS fragmenti elektriskās strāvas ietekmē virzās uz anoda pusi (jo DNS lādiņš ir negatīvs). Jo lielāks DNS fragments, jo lēnāk tas virzās.

| BCR-ABL transkripts | Izmērs (bp – bāzu pāri) |
|---------------------|-------------------------|
| e13a2 (b2a2)        | 310 bp                  |
| e14a2 (b3a2)        | 385 bp                  |
| e1a2                | 481 bp                  |

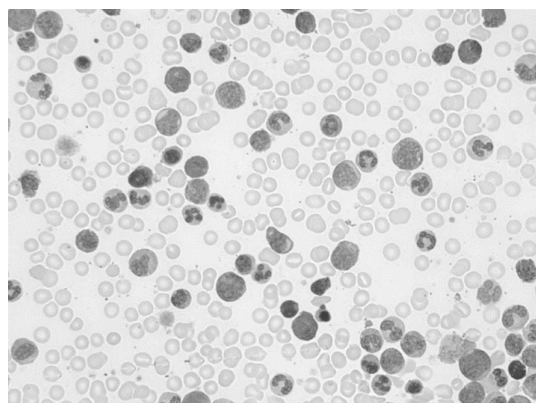
Tabula II.2: Atšķirīgie BCR-ABL transkripti un to izmēri.

**Jautājums II.2.12.** Savieno joslas numuru ar atbilstošo paraugu, balstoties uz tabulu II.2 un attēlu II.10! [4 p.]

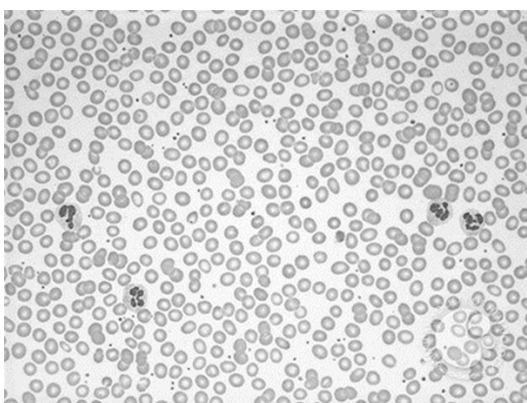
| Joslas Nr. | Paraugs           |
|------------|-------------------|
| 3          | Negatīvā kontrole |
| 4          | Vesels cilvēks    |
| 5          | b3a2              |
| 6          | b2a2              |
| 7          | marķieris         |

**Jautājums II.2.13.** Elektroforēzes 8. joslā tikai izmantots asins paraugs no kāda pacienta ar leukēmijas simptomiem. Pēc rezultātiem var secināt, ka šis pacients ir [1 p.] :

Ph(+) | ☐  
Ph(-) | ☐

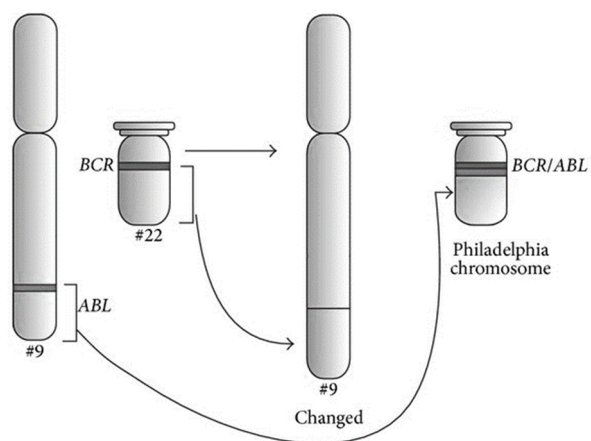


(A)

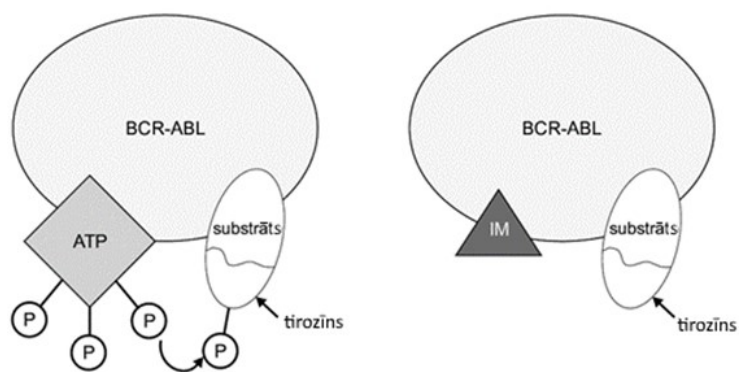


(B)

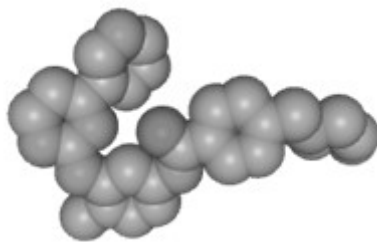
Att. II.5: Gaismas mikroskopa attēli.



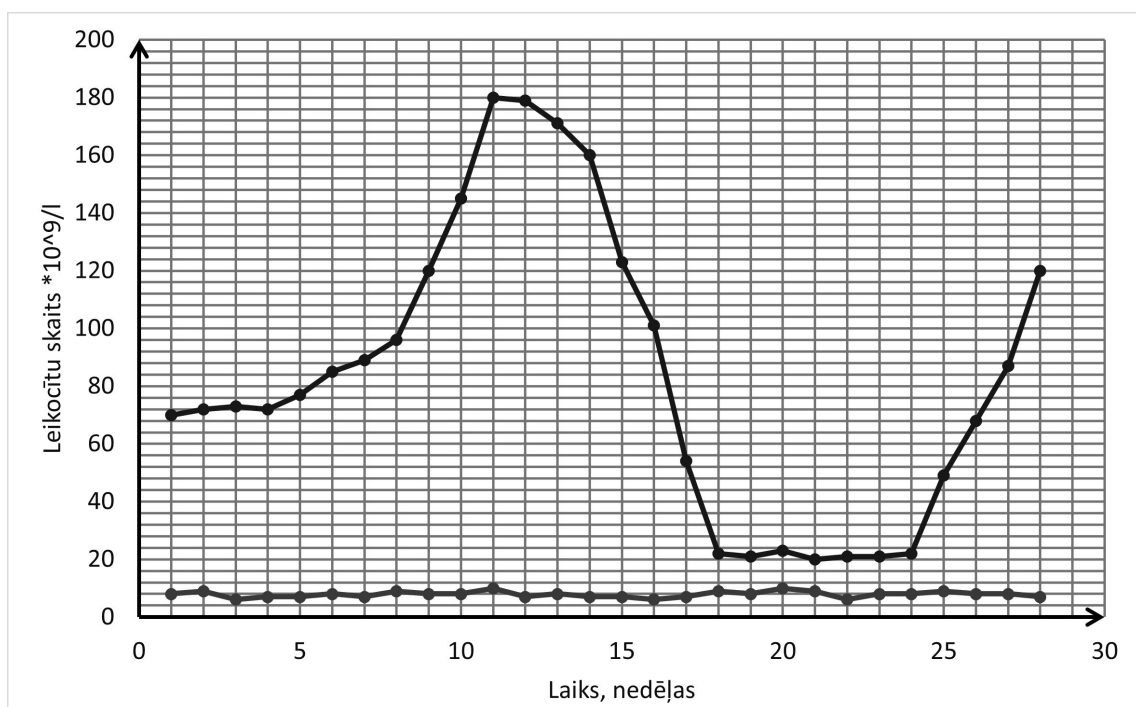
Att. II.6: Filadelfijas hromosmas veidošanās.



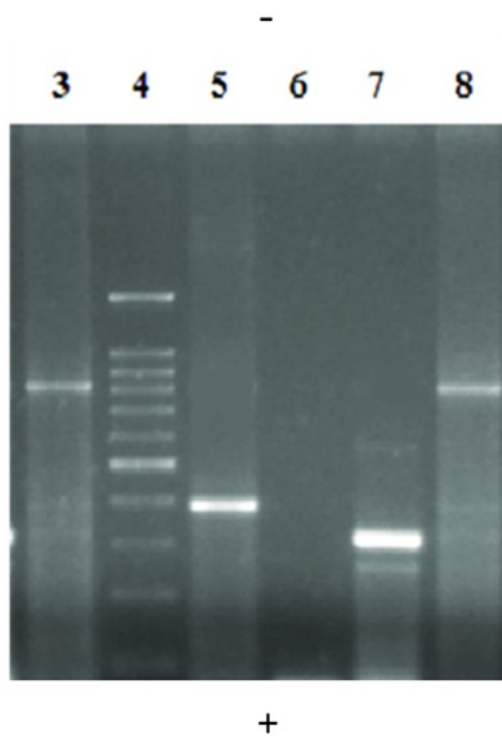
Att. II.7: Imatiniba darbības mehānisms. IM — imatinibs.



Att. II.8: Imatiniba spece-fil modelis.



Att. II.9: CML attīstība pacientam un vesela cilvēka atbilstošais rādītājs.



Att. II.10: Gēla elektroforēzes rezultāts.

## II.3 Audzēja genoms [9.5 p.]

Visi audzēji rodas izmaiņu, kas notikušas audzēja šūnu genoma DNS sekvencē, rezultātā. Pēdējo gadu laikā, pielietojot mūsdienīgās sekvencēšanas metodes, ir tikušas iegūtas daudzu audzēju pilnas DNS sekvecnes. Šādi audzēju genomikas projekti ir atklājuši daudz jaunas informācijas par audzēju attīstību molekulārā līmenī. Audzēja šūnas genoma DNS sekvence būtiski atšķiras no sākotnējās zigotas sekvecnes. Šīs atšķirības kopīgi sauc par somatiskajām mutācijām, jo tās rodas somatiskajās šūnās un nav pārmantojamas (**piezīme:** pastāv arī ar audzēju attīstību saistītas mutācijas, kas var tikt pārmantotas). Somaticās mutācijas audzēja šūnas genomā var iekļaut dažādas DNS sekvecnes maiņas veidus. Tās var būt vienas bāzes substitūcijas, DNS fragmentu insercijas, delēcijas un pārkārtošanās, kopiju skaita palielināšanās (gēnu amplifikācija) un samazināšanās. Tāpat arī audzēja šūna var saturēt DNS sekvenci no eksogēna avota. Zināms piemērs ir daļas no vīrusu ģenētiskā materiāla, piemēram, Epšteina Barra vīrusa, cilvēka papilomas vīrusa, B hepatīta vīrusa, cilvēka herpes vīrusa.

Vairākas zarnu mikrobiotas sugas ir tikušas sasaistītas ar kolorektālā vēža attīstību. Zarnu nūjiņa *Escherichia coli* var pārnēsāt patogenicitātes salu pks, kas kodē enzīmu kopu kolibaktīna sintēzei (attēls IV.2). Šis savienojums alkilē DNS adenīna atlikumus un izraisa plīsumus dubultspirālē. Kādā 2020. gada pētījumā cilvēka zarnu organoīdi (organoīds - mākslīgi audzēta šūnu vai audu masa, kas atgādina orgānu) tika pakļauti genotoksiskajām pks+ *E. coli* šūnām. Organoīdu pilna genoma sekvencēšana pirms un pēc iedarbības atklāja specifisku “mutāciju rakstu” (mutational signature), kas nebija raksturīgs organoīdiem, kas bija pakļauti pks-mutantām baktērijām. Tas pats raksts tika piefiksēts arī daudzos cilvēku kolorektālā vēža genomos. Kolibaktīns (IUPAC: 2-[6-[(2S)-2-metil-3,4-dihidro-2H-pirol-5-yl]-5-okso-4-azaspiro[2.4]hept-6-ēn-7-il]-N-[[4-[2-[4-[2-[[2-[6-[(2S)-2-metil-3,4-dihidro-2H-pirol-5-il]-5-okso-4-azaspiro[2.4]hept-6-ēn-7-il]acetil]amino]acetil]-1,3-tiazol-2-yl]-2-oksoacetil]-1,3-tiazol-2-il]metil]acetamīds) ir heterodimērs, kas satur divas DNS-reaktīvus elektrofilus ciklopropāna atlikumus. Kolibaktīns veido šķērssaites (cross-links), alkilējot adenīna atlikumus uz pretējiem DNS pavedieniem. Pēc tam DNS labošanas mehānismu rezultātā rodas plīsumi (skat. Attēls II.11)

**Jautājums II.3.1.** Kolibaktīna struktūrā (attēls II.12) apvelc abus ciklopropāna atlikumus! [1 p.]

**Jautājums II.3.2.** Izmantojot visu doto informāciju un shēmas par pks un kolibaktīnu, nosaki, vai dotie apgalvojumi ir patiesi (P) vai aplami (A)! Ievelc krustiņu atbilstošajā lauciņā zemāk! [4 p.]

|                                                                                                                                                | P                        | A                        |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| (A) Kolibaktīns ir primārais metabolīts.                                                                                                       | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| (B) Kolibaktīns ir proteīns.                                                                                                                   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| (C) Pastiprināta sarkanās gaļas lietošana uzturā samazina kolibaktīna sintēzi zarnās.                                                          | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| (D) Individuāliem ar iekaisīgo zarnu slimību ( <i>Inflammatory bowel disease</i> ) ir lielāks risks saslimt ar kolorektālo vēzi.               | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| (E) Diēta bagāta ar inulīnu samazina kolibaktīna negatīvo ietekmi jebkuram cilvēkam, jo tā palīdz saglabāt mikroorganismu daudzveidību zarnās. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

Pilna audzēju genoma sekvencēšana ir ļāvusi noteikt “mutāciju rakstus” (mutational signatures), kas rodas tumorogēnēzes laikā. Mutāciju raksti ir raksturīgas mutāciju kombinācijas, kas radušās no tādiem mutagēnēzes procesiem kā nepilnības DNS replikācijā, genotoksīnu ietekmes, defektīvas DNS labošanas un DNS enzimatiskas labošanas. Lai izveidotu konkrēta audzēja mutāciju katalogu, mutāciju rakstu analīzei nepieciešami audzēja genoma dati un atbilstošie normāla genoma dati. Pastāv sešas bāzu substitūciju klases (vienas bāzes substitūcija — punktveida mutācija): C→A, C→G, C→T, T→A, T→C, T→G. Ir tikai sešas, jo nav iespējams atšķirt, uz kura no DNS pavedieniem sākotnēji notikusi substitūcija (skat. Attēls II.14).

**Jautājums II.3.3.** Aizpildi tabulu zemāk, ierakstot pretī bāzu substitūciju klasēm ekvivalentu substitūciju (formātā B1→B2, kur B ir C, G, A vai T)! [2 p.]

|     |                      |
|-----|----------------------|
| C→A | <input type="text"/> |
| C→G | <input type="text"/> |
| C→T | <input type="text"/> |
| T→A | <input type="text"/> |
| T→C | <input type="text"/> |
| T→G | <input type="text"/> |

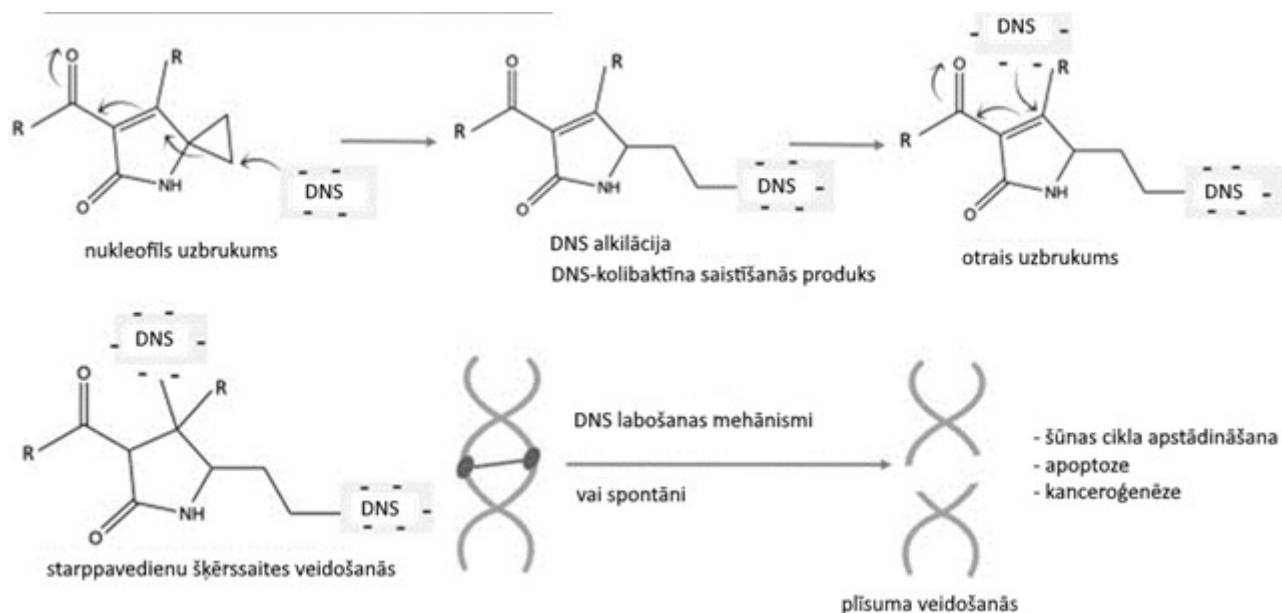
Audzēja mutāciju katalogs tiek veidots, analizējot vienas bāzes substitūcijas trinukleotīdu kontekstā. Trinukleotīdu konteksts iekļauj informāciju par 5' un 3' blakus bāzēm. Piemēram, divi no mutāciju veidiem kontekstā ir A[C→A]A un A[C→A]T.

**Jautājums II.3.4.** Cik kopā ir iespējami konteksta mutāciju veidi? Norādi aprēķinu! [1.5 p.]

Daži mutāciju raksti ir plaši sastopami daudzos vēža tipos (piemēram, signature 1), bet citi asociēti ar specifiskiem audzējiem. Rakstā 1 (signature 1) dominē C→T pāreja B[C→T]G (B — C, T, A vai G). Šis raksts ir sastopams visos vēža tipos un lielākajā daļā vēža paraugu. Tas korelē ar pacienta vecumu.

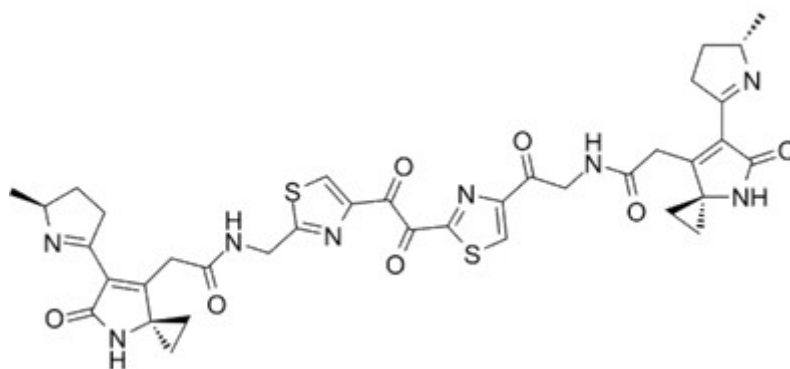
**Jautājums II.3.5.** Kāds varētu būt raksta 1 mutāciju cēlonis? [1 p.] Ja nepieciešams, aplūko slāpekļa bāzu uzbūvi (skat. attēlu II.15).

- (A) UV starojums  
(B) Mutagēna ķīmiskā savienojuma uzņemšana uzturā  
(C) Iedzimtas ģenētiskas mutācijas  
(D) Spontāna 5-metilcitozīna deaminācija

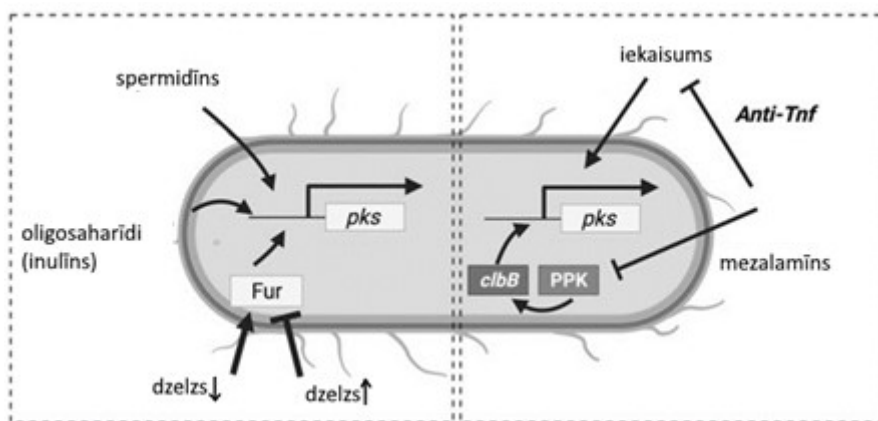


Att. II.11: Kolibaktīna iedarbība uz DNS.

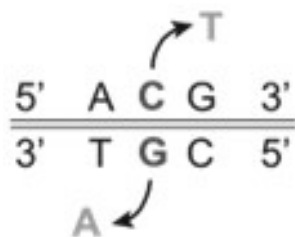




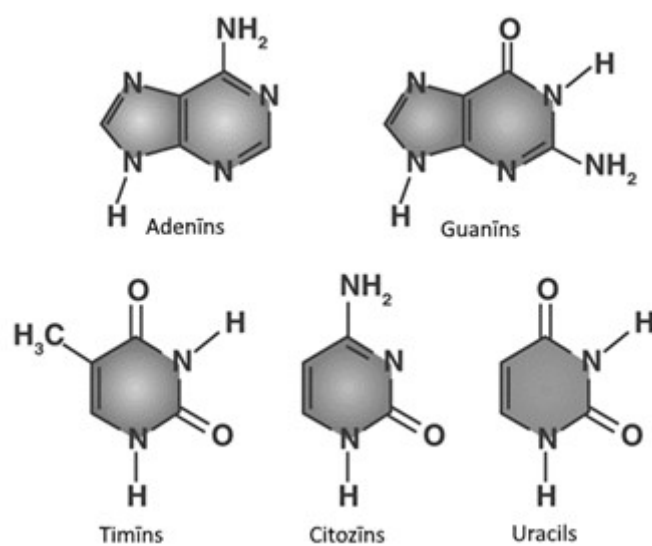
Att. II.12: Kolibaktīna struktūra.



Att. II.13: pks transkripcijas regulācija.



Att. II.14: C→T substitūcija.



Att. II.15: Slāpekļa bāzu uzbūve.

## II.4 Angiogenēze [15.5 p.]

Angiogenēze ir process, kurā veidojas jauni asinsvadi no jau esošā asinsvadu tīkla. Tā sākas embrioloģiskās attīstības laikā, kad tā ir būtiska jaunu šūnu un audu attīstībai. Jaunās artērijas, vēnas un kapilāri ir nepieciešami, lai apgādātu šūnas ar skābekli un barības vielām, kā arī aizvadītu oglekļa dioksīdu un atkritumproduktus. Pieaugušos organismos, endotēlija šūnas, kas klāj asinsvadu iekšpusi (lūmenu), pamatā ir dormantas. Tomēr specifiski signāli var atkārtoti aktivizēt šīs šūnas un izraisīt angiogenēzi, kad to vidē ir maz skābekļa (hipoksiski apstākļi), pēc ievainojuma vai kad veidojas placenta grūtniecības laikā. 1971. gadā pirmo reizi parādījās doma, ka audzēji un angiogenēze ir saistīti, jo tika novērots, ka ļaundabīgiem audzējiem raksturīgs plašs vaskulārais tīkls, savukārt labdabīgiem audzējiem ne. Ilgstoša angiogenēze ir viena no galvenajām vēža pazīmēm. Audzēja šūnas iegūst spēju pārslēgt “angiogēno slēdzi”, kā rezultātā rodas pārmērīgs proangiogēno signālu daudzums un antiangiogēno signālu trūkums. Tas veicina audzēja šūnu augšanu un izplatīšanos uz citām ķermeņa daļām, ko sauc par metastāzi. Šī procesa rezultātā asinsvadi pārnēsā audzēja šūnas un tās nostiprinās citās vietās, visbiežāk aknās, plaušās un skeleta sistēmā.

**Jautājums II.4.1.** Kādēļ plaušas un aknas bieži skar metastāzes? [1 p.]

1982. gada pētījumā “Audzēja izraisīta neovaskularizācija peles acī” tika salīdzināta audzēja šūnu uzvedība pēc to ievadīšanas dažādos viena orgāna reģionos. Viens no reģioniem bija varavīksnene, otrs — priekšējā kamera (attēlā II.16 ar 6 — varavīksnene, ar 8 — priekšējā kamera).

Attēlos II.17 un II.18 redzami izaugušo audzēju šķērsgriezumi no varavīksnenes un priekšējās kameras (shematisks attēlojums). Melnie nogriežņi atspoguļo mērogu. II.17 attēla mērogs: 550 μm; II.18 attēla mērogs: 1000 μm.

**Jautājums II.4.2.** Nosaki abu audzēju tilpumus, pieņemot, ka tie ir lodes formā! [3 p.] (lodes tilpuma formula:  $V = (4/3)\pi r^3$ ).

**Jautājums II.4.3.** Kurš audzējs iegūts no varavīksnenes un kurš – no priekšējās kameras? Kāpēc atšķiras to izmēri? [1.5 p.]

**Jautājums II.4.4.** Kāds ir maksimālais diametrs, kādu var sasniegt audzējs, ja to apasiņo viens kapilārs ( $r = 0.004 \text{ mm}$ ) un skābekļa difūzija ir  $150 \text{ }\mu\text{m}$  (skat. Attēls II.19)? [1 p.]

Angioģenēze ir stingri regulēts process. Tas ir būtiski, lai asinsvadi veidotos tikai, kad un kur tas nepieciešams. Lai anormāli neveidotos asinsvadi, ir svarīgi noturēt balansu starp proangiogēnajiem un antiangiogēnajiem signāliem, ko sauc par “angiogēno slēdzi”. Šis līdzsvars tiek noturēts šūnas signalizēšanas ceļu rezultātā, īpaši caur augšanas faktoru aktivāciju.

Daži no proangiogēnajiem faktoriem ir:

- VEGF (vascular endothelial growth factor)
- EGF (endothelial growth factor)
- PDGF (platelet-derived growth factor)
- Ang1 (angiopoietin)

Daži no antiangiogēnajiem faktoriem/angiogēnes inhibitoriem ir:

- Angiostatīns
- Endostatīns
- Trombospondīns

**Jautājums II.4.5.** Kāda varētu būt viena no PDGF funkcijām ķermenī (*platelet* — asins plātnītes jeb trombocīti)? [1 p.] **Mājiens:** domā par to, kā proangiogēnā funkcija ir saistīta ar trombocītu funkciju ķermenī.

**Jautājums II.4.6.** Aplūko shēmu (attēls II.20) un atbilstošās VEGF koncentrācijas un nosaki, kurā reģionā (A–D) visticamāk atrodas audzējs! Apvelc pareizo burtu attēlā II.20! [1 p.] VEGF koncentrācijas:

- (A)  $0.0001 \text{ g m}^{-3}$       (B)  $2 \text{ ng mL}^{-1}$       (C)  $0.025 \text{ mg mL}^{-1}$       (D)  $0.5 \text{ }\mu\text{g L}^{-1}$

Vairāki angiogēnes inhibitori ir izveidoti, lai ārstētu vēzi. Tie neļauj audzējiem piesaistīt jaunus asinsvadus, samazinot ātri augošajām audzēja šūnām ļoti nepieciešamo skābekļa un barības vielu pieejamību. Attēlā II.21 redzamas audzēja vaskulatūras izmaiņas ārstēšanas laikā, izmantojot antiangiogēnas zāles. Kreisajā kolonnā atspoguļota normāla situācija, bet trijās nākošajās — izmaiņas audzējā.

**Jautājums II.4.7.** Tavs uzdevums ir attēlā II.21 uz svirām atlikt lodītes tādā proporcijā, kas raksturotu antiangiogēno faktoru un proangiogēno faktoru līdzsvaru (vai disbalansu) katrā no trijām stadijām. [2 p.]

Angioģenēzes analīze ir nozīmīga metode gan angiogēnes mehānismu, gan iespējamo terapeitisko stratēģiju pētīšanai. In vivo angiogēnes analīze tiek uzskatīta par visinformatīvāko, taču tā bieži ir dārga un laikietilpīga. In vitro testi mēdz būt ātrāki, lētāki un vieglāk interpretējami. In vitro angiogēnes testi

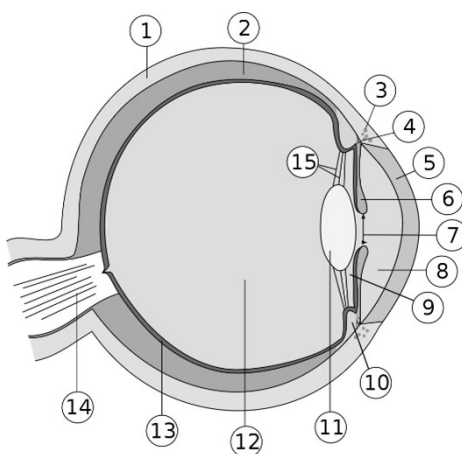
darbojas pēc principa, ka endotēlija šūnas veido kanāliņveida struktūras, tās kultivējot uz atbalsta barotnes. Visbiežāk kultivēšanu veic uz Matrigēla (Matrigel) barotnes. Matrigēls ir šķīdināta bazālās membrānas matrica, ko sekretējušas peļu sarkomas šūnas. Matrigēla spēja stimulēt kompleksu šūnu uzvedību paļaujas uz tā bagātīgo sastāvu. Galvenās tā sastāvdaļas ir strukturālie proteīni, kā laminīns, nidogēns un kolagēns. Ir tikusi izstrādāta vēl viena kanāliņu veidošanās analīzes metode, kurā endotēlija šūnas tiek kultivētas kopā ar fibroblastiem. Pētījumā izmantota kvantitatīva attēlu analīze, lai salīdzinātu Matrigel testā un “kopkultūras” testā izveidoto kanāliņu morfoloģiskās iezīmes ar kapilāru, kas veidojas mikrovaskulārā gultnē in vivo, īpašībām. GFR Matrigel – growth factor reduced Matrigel (Matrigēls ar samazinātu augšanas faktoru saturu).

**Jautājums II.4.8.** Kāda ir fibroblastu funkcija/funkcijas dzīvā organismā? [1 p.]

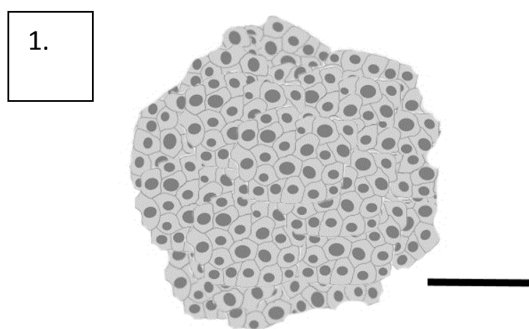
- (A) Starpsūnu telpas veidojošo proteīnu (piem., ko- (C) Dalība iekaisuma reakcijā  
lagēna un elastīna) sintēze  
(B) Brūču dzišana (D) Visi minētie

**Jautājums II.4.9.** Pēc pētījuma apraksta un iegūtajiem datiem (attēli II.22, II.23, II.24 un II.25) nosaki, vai apgalvojumi ir patiesi vai aplami! Ievēl krustiņu attiecīgajā ailē! [4 p.]

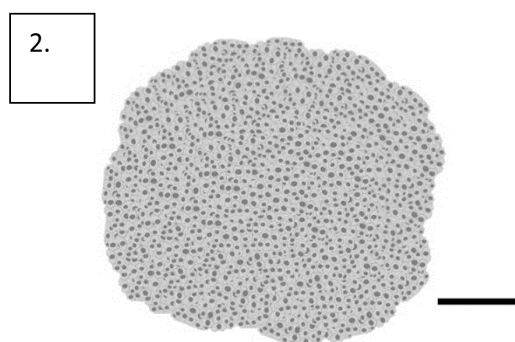
|                                                                                                       | P                        | A                        |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| (A) Visās in vitro kultūrās kanāliņu vidējais garums ir būtiski mazāks nekā in vivo.                  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| (B) Kanāliņi, kas veidojas kopkultūrā, bija aptuveni divas reizes garāki nekā uz Matrigēla matricas.  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| (C) Abos Matrigēlos veidojās ievērojami zarotāki kanāliņi nekā kopkultūrā.                            | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| (D) Visos gadījumos proangiogēnā faktora VEGF pievienošana ievērojami stimulēja kanāliņu veidošanos.  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| (E) VEGF pievienošana ievērojami neietekmēja kanāliņu zarošanos.                                      | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| (F) Kopkultūrā veidojās homogēnāki kanāliņi nekā Matrigēlos.                                          | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| (G) Attēlā C varētu būt redzami kanāliņi audzēti uz Matrigēla.                                        | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| (H) Lai pētītu angiogēnēzi visreālistiskākajā vidē, endotēlija šūnas jākultivē kopā ar fibroblastiem. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |



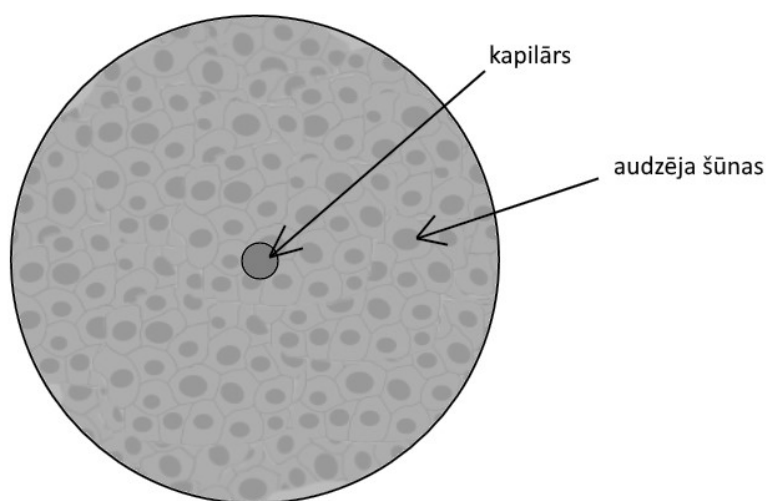
Att. II.16: Acs anatomija.



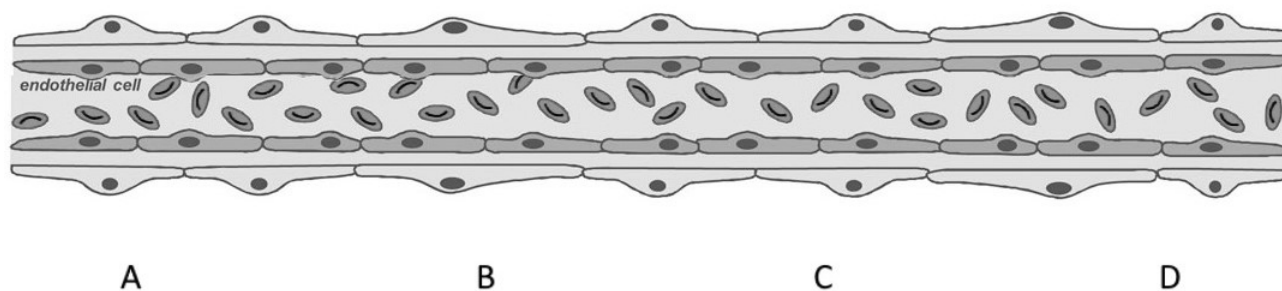
Att. II.17: Audzējs 1.



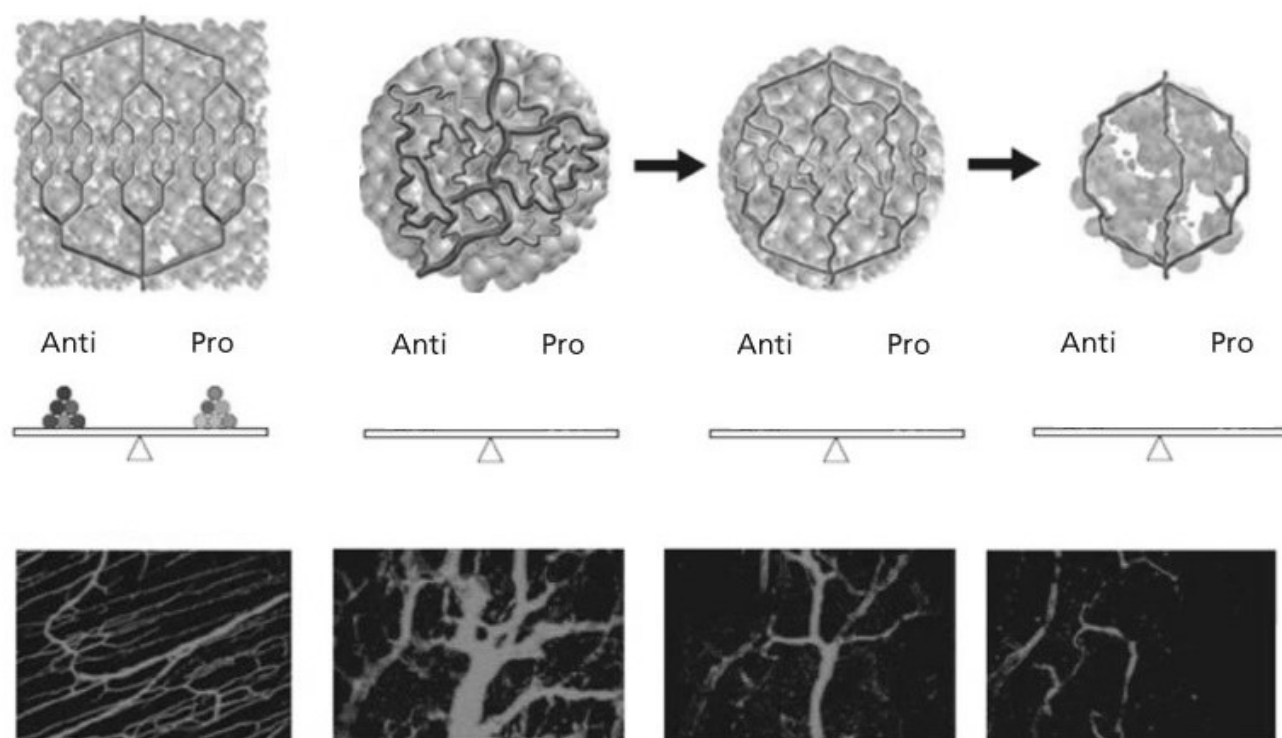
Att. II.18: Audzējs 2.



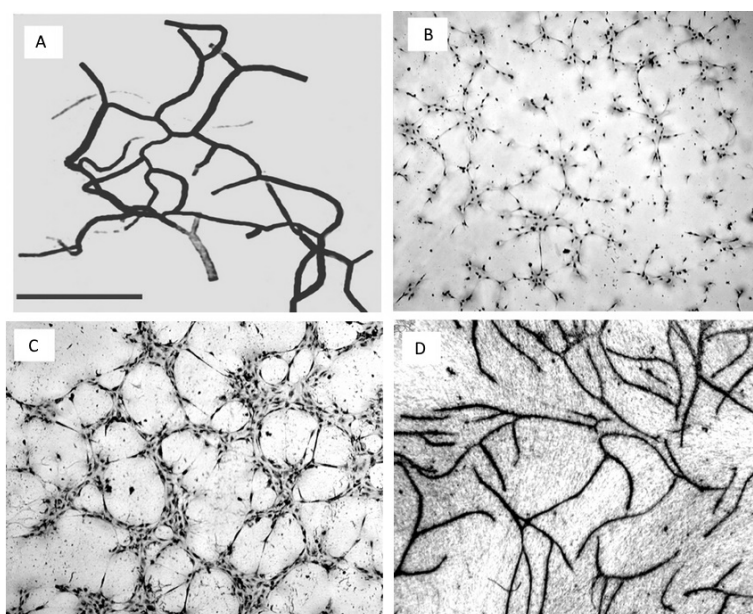
Att. II.19: Kapilārs.



Att. II.20: Asinsvads.

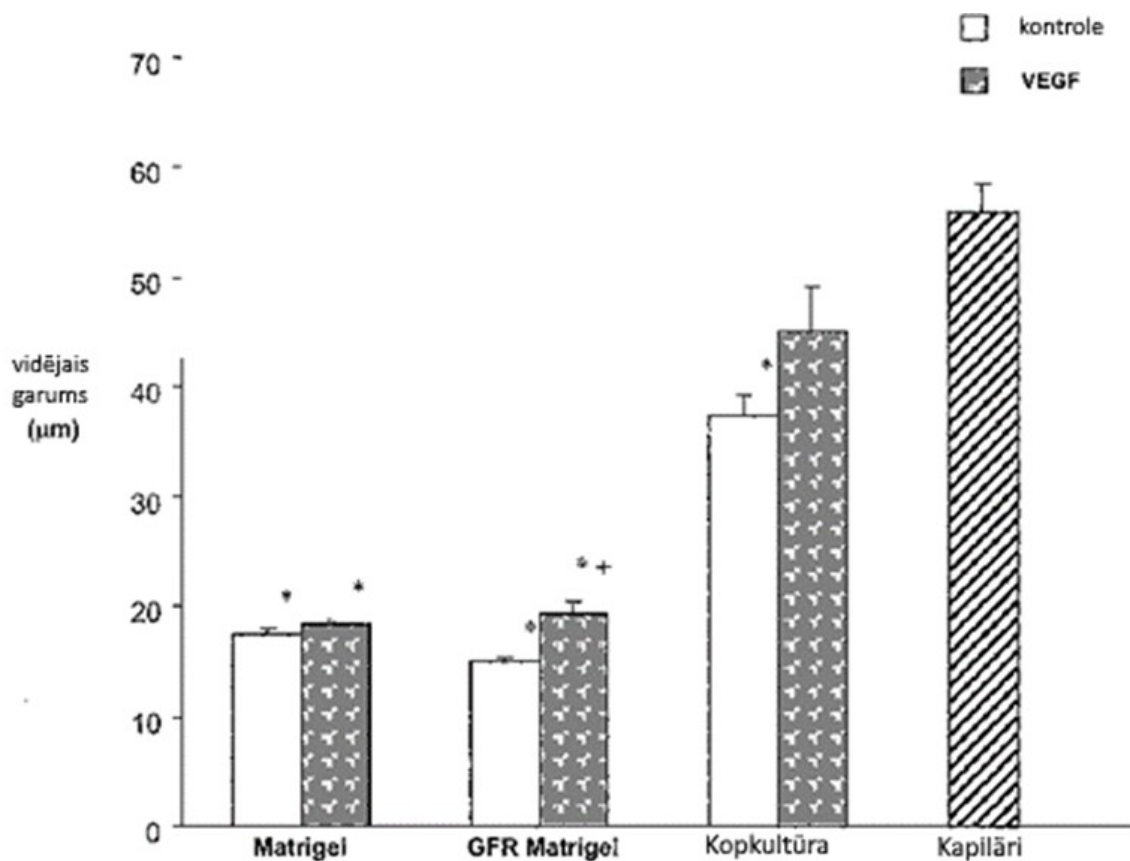


Att. II.21: Audzēja vaskulatūras izmaiņas ārstēšanas laikā.

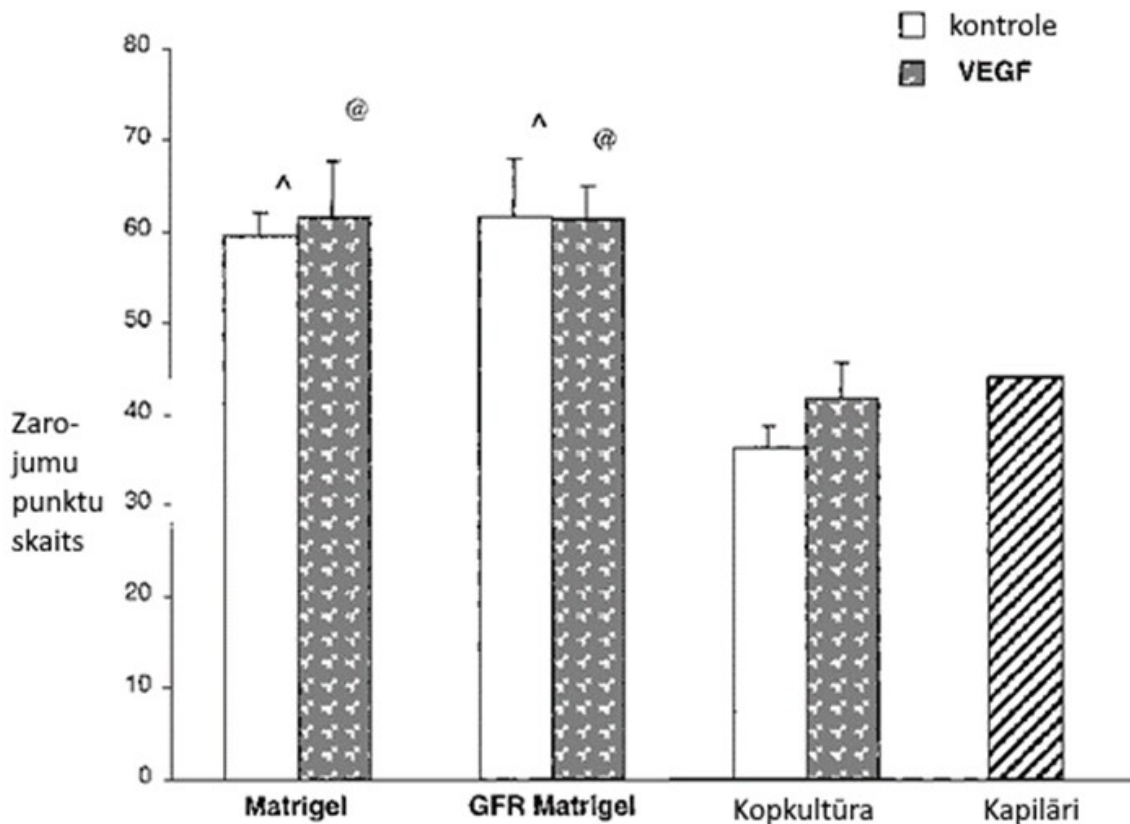


Att. II.22: Gaismas mikrogrāfi, kas parāda endotēlija šūnu veidoto kanāliņu tipisko izskatu. Attēlā A redzams kapilāru tīkls in vivo.

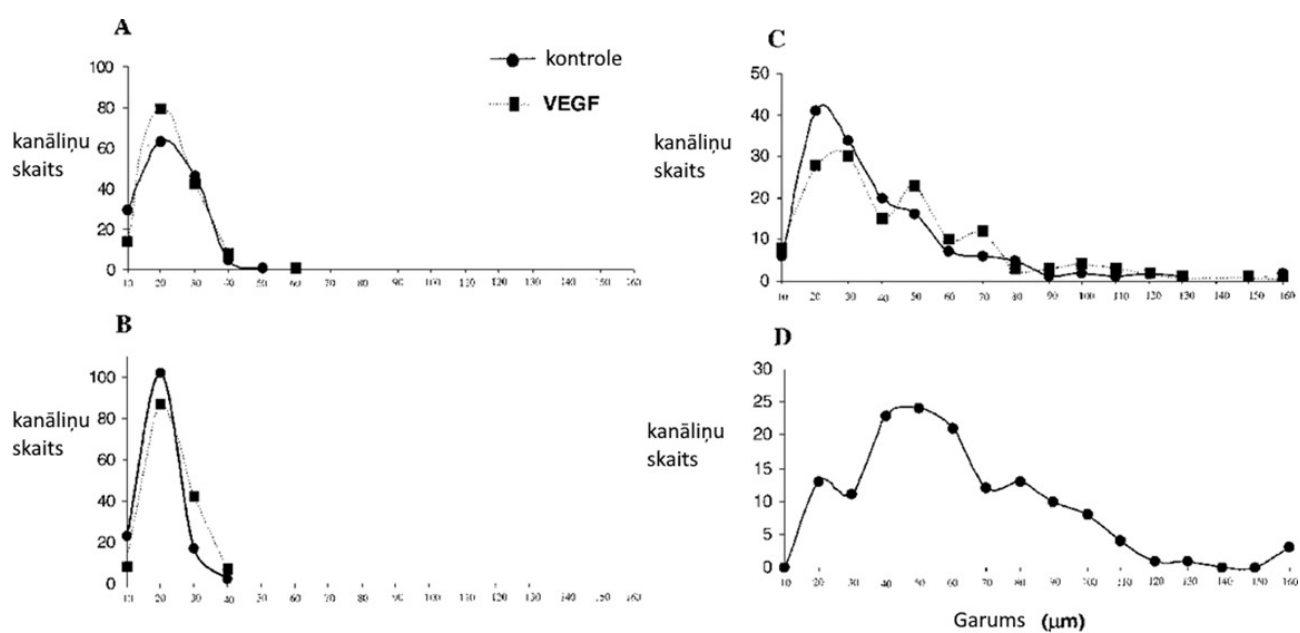




Att. II.23: Kanāliņu vidējais garums. \* — statistiski būtiska atšķirība attiecībā pret in vivo kapilāriem; + — statistiski būtiska atšķirība attiecībā pret tās pašas vides kontroles grupu.



Att. II.24: Kanāliņu zarojumu punktu skaits. ^ — statistiski būtiska atšķirība attiecībā pret kontroles grupu kopkultūrā; @ — statistiski būtiska atšķirība attiecībā pret VEGF stimulēto grupu kopkultūrā.



Att. II.25: Kanāliņu skaits pie dažādiem garumiem. A — Matrigel; B — GFR Matrigel; C — Kopkultūra; D — in vivo kapilāru tīkls.

## UZDEVUMS

### III

## DZIMUMATTĪSTĪBA [50 p.]

### Ievads

#### III.1 Give me one margarita, I'mma... [12 p.]

**Jautājums III.1.1.** Nosauciet shēmās attēlotās vīriešu un sieviešu reproduktīvās orgānu sistēmas, kā arī citu orgānu, kas ir cieši saistīti ar reproduktīvo sistēmu, daļas. Struktūras var atkārtoties! [7.5 p.]

**Dotās struktūras:**

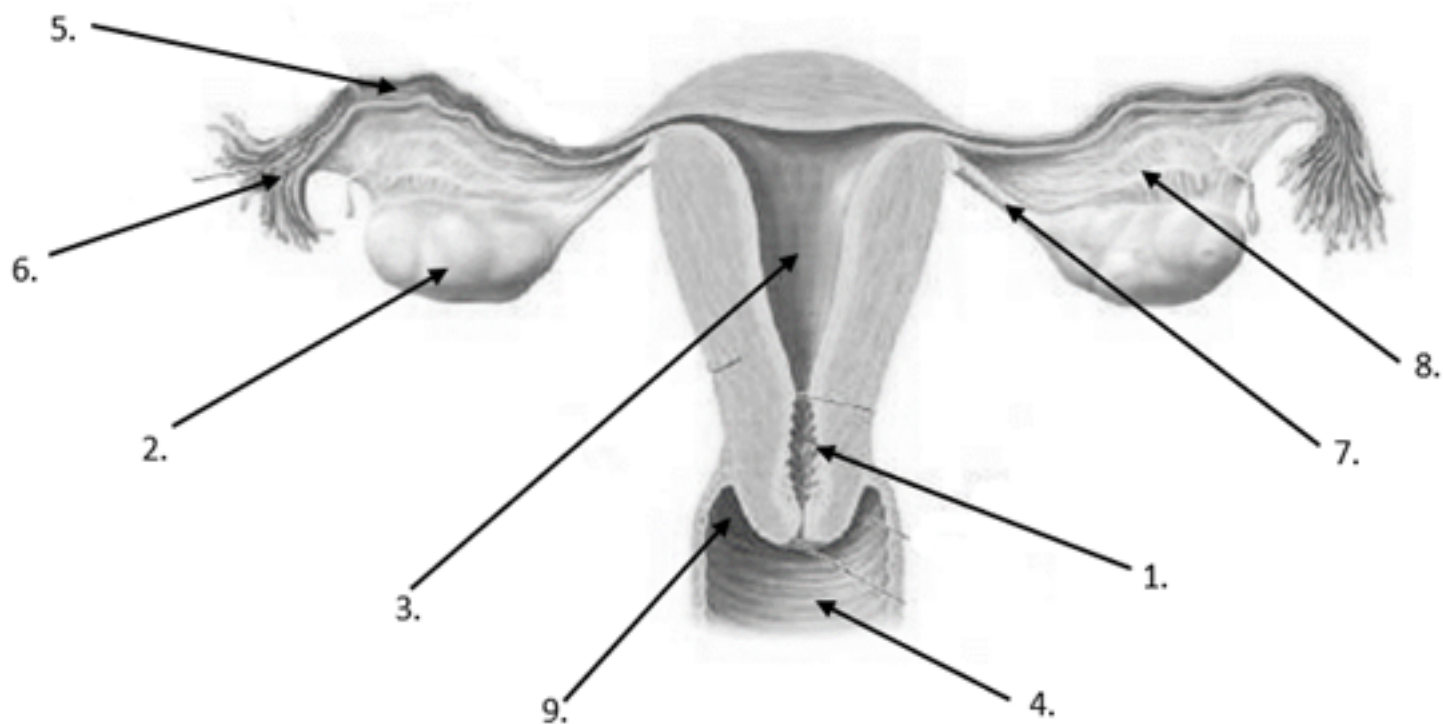
- |                                  |                         |                                                    |                                          |
|----------------------------------|-------------------------|----------------------------------------------------|------------------------------------------|
| • Vaginālais lokveida ieliekums, | • Lielās kaunuma lūpas, | • Iekšējais urīnizvadkanāla gredzenveida muskulis, | • Kuteklis,                              |
| • Kaunuma paugurs,               | • Mazās kaunuma lūpas,  | • Ārējais urīnizvadkanāla gredzenveida muskulis,   | • Muguras smadzeņu kanāls,               |
| • Olnīcas īstā saite,            | • Urīnpūslis,           | • Taisnā zarna,                                    | • Ārējais anālais gredzenveida muskulis, |
| • Dzimumloceklis,                | • Dzemde,               | • Dzemdes kakls,                                   | • Sēklinieks,                            |
| • Kaunuma kauls,                 | • Vēdera dobums,        | • Vēderpreses muskulis (Vēdera taisnais muskulis), | • Sēklas izsviedējvads,                  |
| • Olnīcas apzarnis,              | • Priekšdziedzeris,     | • Olvads,                                          | • Olnīca,                                |
| • Maksts,                        | • Urīnizvadkanāls,      |                                                    | • Mugurkauls                             |
| • Olšūnas uztvērējampula,        | • Kaunuma kauls,        |                                                    |                                          |
|                                  | • Sēklas pūslītis,      |                                                    |                                          |

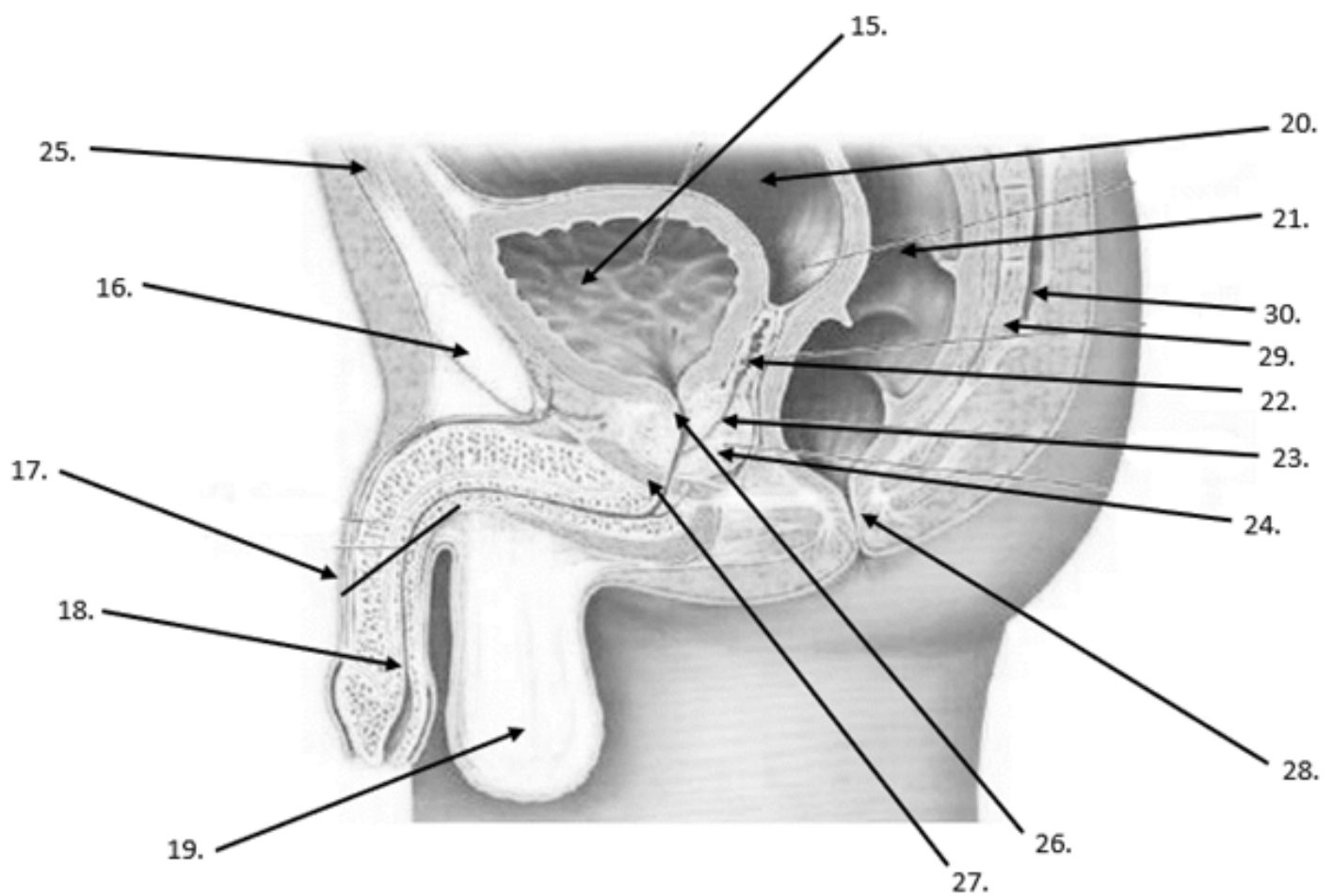
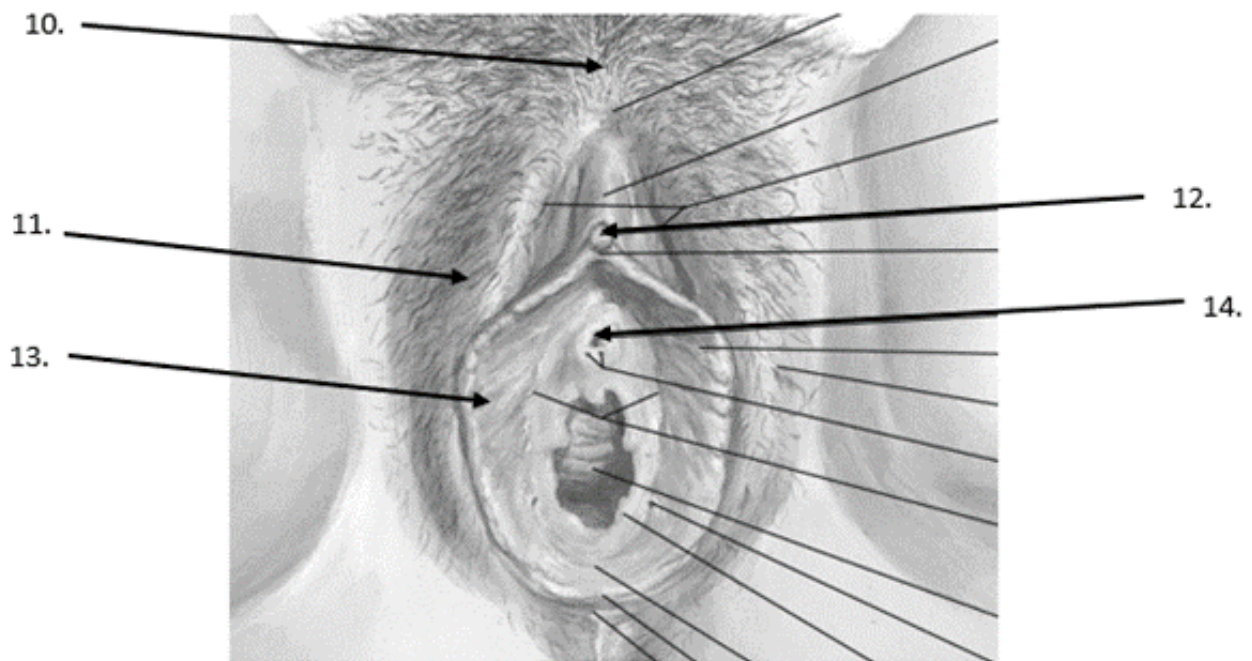
## Atbildes:

1.
2.
3.
4.
5.
6.
7.
8.
9.
10.
11.
12.
13.
14.
15.

16.
17.
18.
19.
20.
21.
22.
23.
24.
25.
26.
27.
28.
29.
30.

## Shēmas (turpinās nākamajā lapā!):





**Jautājums III.1.2.** Izskaidro sēklas pūšļa funkcijas (piemini divas)! [0.5 p.]

**Jautājums III.1.3.** Izskaidro prostatas funkcijas (piemini divas)! [0.5 p.]

**Jautājums III.1.4.** Urīnpūšļa gļotādu sauc arī par pārejas epitēliju. Tā ārējais slānis, kas sastāv no lietussargšūnām, ir īpaši pielāgojies urīnpūšļa izmēra izmaiņām. Izskaidro, kas norisinās ar šūnām, izplešoties urīnpūslim, kā arī salīdzini šīs šūnas ar epidermas epitēlija šūnām, piedāvājot 2 iespējamās atšķirības šo šūnu uzbūvē, kas ļauj lietussargšūnās notikt attiecīgajām izmaiņām. [1.5 p.]

**Jautājums III.1.5.** Iezīmē urīnpūšļa gļotādas epitēliju, urīnpūslim esot izplestam un esot miera stāvoklī (2 zīmējumus), norādot, kuram stāvoklim atbilst kurš zīmējums. Epitēlijs sastāv no trīs slāņiem – pamata slāņa ar kubiskām šūnām, izvietotām vienā kārtā, vidējā – ar apgrieztas formas bumbiervēda šūnām, izvietotām vienā kārtā, un ārējā slāņa. Epitēlija biezums miera stāvoklī ir 100 μm, esot izplestam 70 μm, norādi iezīmētās struktūras un mērogu! [2 p.]

## III.2 Saistaudu dažādība [5 p.]

**Jautājums III.2.1.** Gan sieviešu, gan vīriešu ārējos dzimumorgānus histoloģiski lielākoties veido briedumķermeni, kas ir blīvo nesakārtoto saistaudu veidoti kūlīši, kurus cieši caurvij savstarpēji anastomozējošs (savienojumus veidojošs) mazo asinsvadu tīkls. Organismā atrodami divu veidu briedumķermeni — dobumainie (vīrišķajos dzimumorgānos divi, sievišķajos viens), kas parasti pilda piebriešanas funkciju, un porainie (sievišķajos dzimumorgānos divi, vīrišķajos viens), kas aptver vai atrodas līdzās urīnizvadkanālam. **Norādi gan dobumaino, gan poraino ķermeni atrašanās vietas gan ārējo vīrišķo dzimumorgānu shēmā, gan ārējo sievišķo dzimumorgānu shēmā 1. uzdevumā, atzīmējot tos ar bultiņām un pierakstot klāt atbilstošo briedumķermeņa nosaukumu.** Ņem vērā, ka vīriešu dzimumorgānu shēma ir redzama šķērsgrīzumā, tāpēc tajā nebūs redzami visi trīs briedumķermeni, Sieviešu dzimumorgānu shēmā ir saskatāmas tikai to aprises. [1 p.]

**Jautājums III.2.2.** Izskaidro piebriešanas mehānismu dobumainajos ķermeņos! [2 p.]

**Jautājums III.2.3.** Līdzīgas uzbūves saistaudi, kuri ir blīvi caurausti ar asinsvadiem, ir sastopami arī citā ķermeņa daļā, lai gan tur šie asinsvadi nodrošina termoregulācijas un mitrināšanas funkciju. **Nosauc šo ķermeņa daļu.** [0.5 p.]

**Jautājums III.2.4.** Uzraksti evolucionāru jēdzienu, ar ko var arī raksturot vīriešu un sieviešu ārējo dzimumorgānu histoloģisko (iekšējo) līdzību, neskatoties uz morfoloģiskajām (ārējām) atšķirībām. Piemini vēl divus piemērus, ar šāda paša veida līdzību starp citiem organismiem, bet neizmantojot dzimumatšķirības. [1.5 p.]

### III.3 No paša sākuma [15.75 p.]

**Jautājums III.3.1.** Dzīvniekiem parasti ir raksturīga gastrulas stadija ar trīs dīgļlapām - dzimumorgānu attīstība sākas ar vidējās dīgļlapas — mezodermas malēju šķelšanos divās daļās un šo divu daļu pievienošanās katrai pie kādas no atlikušajām dīgļlapām, veidojot somatomezodermālo plātnīti, no kuras attīstīsies ārējie dzimumorgāni un splahnomezodermālo plātnīti, no kuras attīstīsies iekšējie. **Uzraksti pie kuras dīgļlapas būs pievienojusies mezodermas daļa, no kuras attīstīsies ārējie dzimumorgāni, un pie kuras tā daļa, no kuras attīstīsies iekšējie!** [0.5 p.]

**Jautājums III.3.2.** Dotajā attēlā (III.1. att.) ir parādīti suņa embrija šķērsgriezumi 7. attīstības dienā no priekšpusēs uz aizmuguri — no topošās ķermeņa augšdaļas līdz apakšdaļai (I–V). **Ar bultiņu, pierakstot klāt atbilstošo nosaukumu, norādi somatomezodermālo un splahnomezodermālo plātnīti visos griezumos, kur tā ir redzama!** [1 p.]

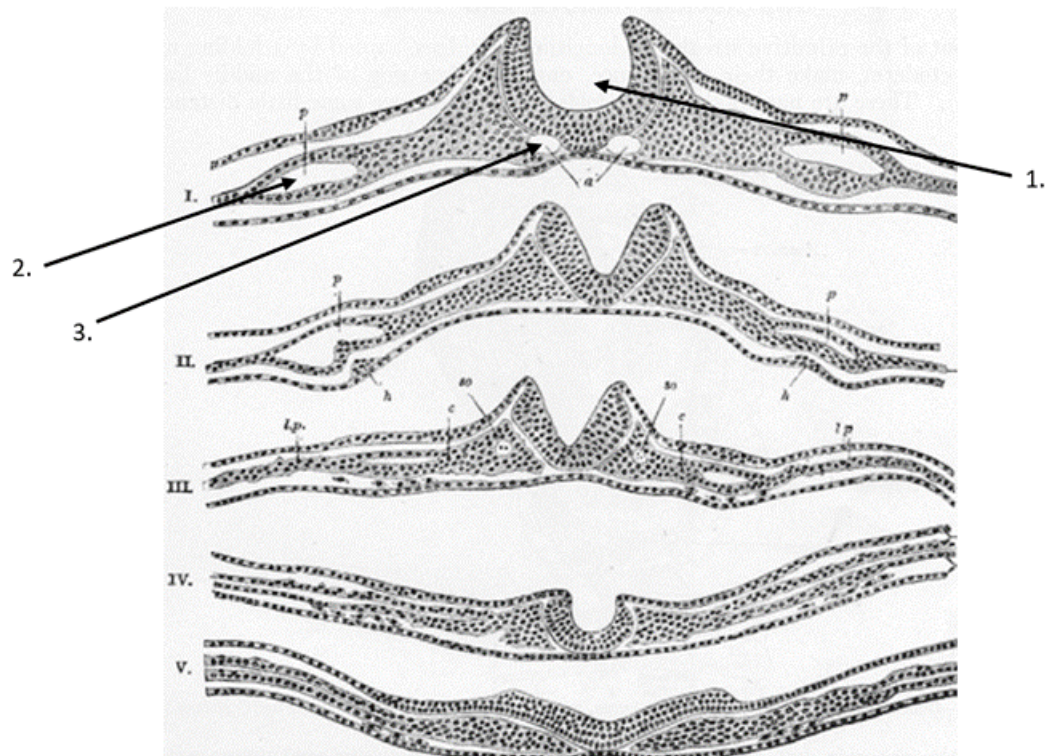
**Jautājums III.3.3.** Izvēlies dobumus, kas laika gaitā attīstīsies no 1. struktūras (III.1. att.)! [1.5 p.]

|                    |                          |
|--------------------|--------------------------|
| Mugurkaula dobums  | <input type="checkbox"/> |
| Galvaskausa dobums | <input type="checkbox"/> |
| Vēdera dobums      | <input type="checkbox"/> |
| Krūšu dobums       | <input type="checkbox"/> |

**Jautājums III.3.4.** Atzīmē orgānus, kuru aizmetņi ir atzīmēti ar skaitļiem 2. un 3. (III.1. att.) Mēģini iedomāties, kam ir jāattīstās tik agrā vecumā, lai nodrošinātu visu embrija izdzīvošanu, nodrošinot tā vielmaiņu. [0.5 p.]

| 2. struktūra                  | 3. struktūra                  |
|-------------------------------|-------------------------------|
| (A) Kuņģis                    | (A) Kuņģis                    |
| (B) Zarnas                    | (B) Zarnas                    |
| (C) Sirds                     | (C) Sirds                     |
| (D) Centrālie skeleta muskuļi | (D) Centrālie skeleta muskuļi |
| (E) Ass skelets               | (E) Ass skelets               |
| (F) Vairogdziedzeris          | (F) Vairogdziedzeris          |
| (G) Aizkuņģa dziedzeris       | (G) Aizkuņģa dziedzeris       |
| (H) Aknas un žultspūslis      | (H) Aknas un žultspūslis      |
| (I) Aorta                     | (I) Aorta                     |





Att. III.1: Suņa embrija šķērs griezumi

**Jautājums III.3.5.** Pēc tam, kad somatomezodermālā plātnīte ir pilnībā izveidojusies no tās cilvēkam, apmēram, 8. dienā, sāk arī attīstīties divas embrijam vitālas ārpusembrionālas struktūras, kas palīdz sintezēt un uzturēt šķidrumu ap pašu embriju. **Nosauc šīs divas struktūras un pieminī arī divas šī šķidruma funkcijas!** [1 p.]

- |                 |                 |                 |               |                 |
|-----------------|-----------------|-----------------|---------------|-----------------|
| (A) Alantojs;   | (C) Horijs;     | (E) Vēderplēve; | (G) Amnijs;   | (I) Placenta;   |
| (B) Perihondrs; | (D) Nabassaitē; | (F) Apzarnis;   | (H) Periosts; | (J) Zemglotāda; |

**Funkcijas:**

**Jautājums III.3.6.** Taču arī no arī no splahnomezodermālās plātnītes attīstās kāda ārpusembrionāla struktūra, kas oldējēju embrijiem kalpo kā papildus embrionāls apvalks, taču, piemēram, cilvēka embrijam tas ir savienots ar urīnpūsli. **Nosauc šo struktūru un nosaki tā pamatfunkciju cilvēka embrijā!** [0.5 p.]

- |                 |                 |                 |               |                 |
|-----------------|-----------------|-----------------|---------------|-----------------|
| (A) Alantojs;   | (C) Horijs;     | (E) Vēderplēve; | (G) Amnijs;   | (I) Placenta;   |
| (B) Perihondrs; | (D) Nabassaitē; | (F) Apzarnis;   | (H) Periosts; | (J) Zemglotāda; |

**Funkcijas:**



**Jautājums III.3.7.** Atkarībā no mezoder mālo audu proporcijas šajā no tā var attīstīties arī kāda cita embrionālajai attīstībai svarīga struktūra, kas savieno embriju ar placentu un nodrošina vielmaiņu starp placentu un embriju vai vēlāk augli. **Nosauc šo struktūru!** [0.5 p.]

- (A) Alantojs;            (C) Horijs;            (E) Vēderplēve;            (G) Amnijs;            (I) Placenta;  
(B) Perihondrs;            (D) Nabassaite;            (F) Apzarnis;            (H) Periosts;            (J) Zemgļotāda;

**Jautājums III.3.8.** Šajā orgānā ir sastopamas, kādas īpašas šūnas, kas veido orgāna pamatmasu, ko sauc par Vārtona želeju un izvieto starp asinsvadiem. Izskaidro šī orgāna un šajā orgānā sastopamo šūnu nozīmi biotehnoloģijās un transplantoloģijā! [1 p.]

**Jautājums III.3.9.** Šajā orgānā ir sastopamas divas artērijas un viena vēna. Raksturo, kurā virzienā plūst asinis katrā artērijā un vēnā (uz augli/no augļa) un kādas asinis plūst artērijās un vēnā (venozas, jauktas, arteriālas). [1 p.]

**Jautājums III.3.10.** Šīs embrionālās struktūras izveidē piedalās arī embrionālais barības vielu rezervuārs, kas ir vizuāli saskatāms, piemēram, olās, tam ir arī nozīmīga reproduktīvā funkcija, no šūnām, kas atrodas šī barības vielu rezervuāra iekšpusē, attīstās kādas reproduktīvai funkcijai svarīgas cilmes šūnas — primordiālās cilmes šūnas. **Nosauc šo barības vielu rezervuāru. Nosauc kādas divas uzturvielu grupas pamatā tiek tajās uzkrātas.** [1 p.]

**Jautājums III.3.11.** Papildini dotās shēmas par dzimumšūnu attīstību ar šūnu nosaukumiem, norādot šo šūnu ploīdiju un kopējo hromatīdu skaitu homologajās hromosomās. Vīrs bultiņām uzraksti atbilstošo šūnu veidošanās procesu. [6.25 p.]

**Shēmās izmantojamās šūnas (dažas ir liekas):**

- Ovogonijs,
- Primordiālā dzimumcilmes šūna,
- Primārais spermatocīts,
- Sekundārais ovocīts,
- Primārais ovocīts,
- Sekundārais spermatocīts,
- Spermatīda,
- Ovotīda,
- Spermatozoīds

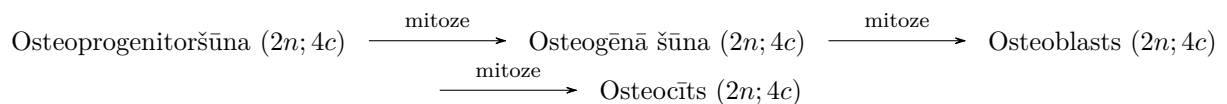
**Shēmās izmantojamie hromosomu ( $n$ ), hromatīdu ( $c$ ) komplekti:**

- ( $2n, 4c$ )
- ( $n, 2c$ )
- ( $n, c$ )

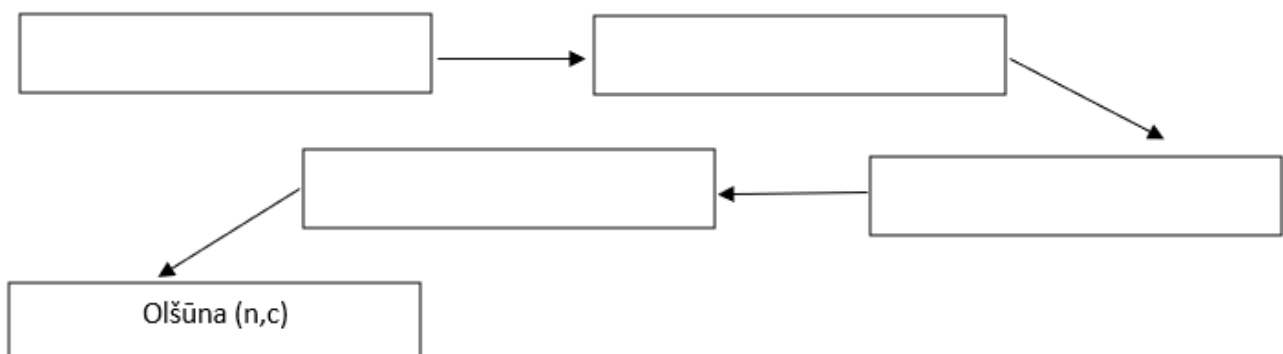
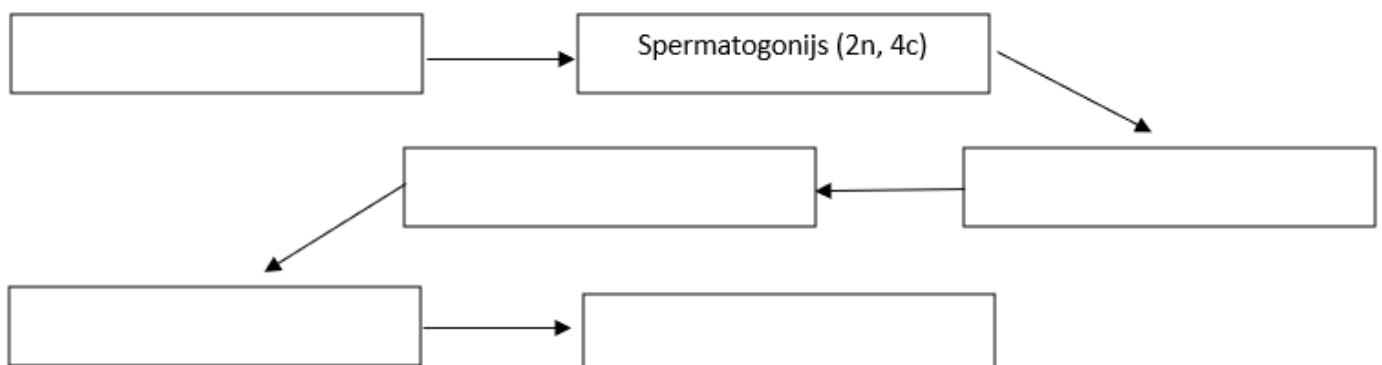
**Šūnu veidošanās procesi:**

- mitoze
- mejoze I
- mejoze II
- strukturāla pārveidošanās bez dalīšanās

**Shēmas piemērs, izmantojot kaulu šūnas:**



**Shēma:**



**Jautājums III.3.12.** Sievišķo dzimumšūnu attīstībā divas reizes ir novērojama šūnu attīstības apstāšanās, kad šūnai daloties, dalīšanās process tiek apturēts. Pirmajā reizē tas norisinās mejozes I profāzes pahitēnē, bet otrajā reizē mejozes II metafāzē. Norādi vecumu, kad notiek 1. apstāšanās reize, un vecumu, kad šūnu dalīšanās atsākas. Kāda hormona pastiprināta izdalīšanās izraisa dalīšanās atsākšanos? Kādu struktūru sāk veidot cilmes šūna pēc dalīšanās atsākšanās, kas nodrošinās tās mehānisku aizsardzību un regulētu izdalīšanos no olnīcas? [1 p.]

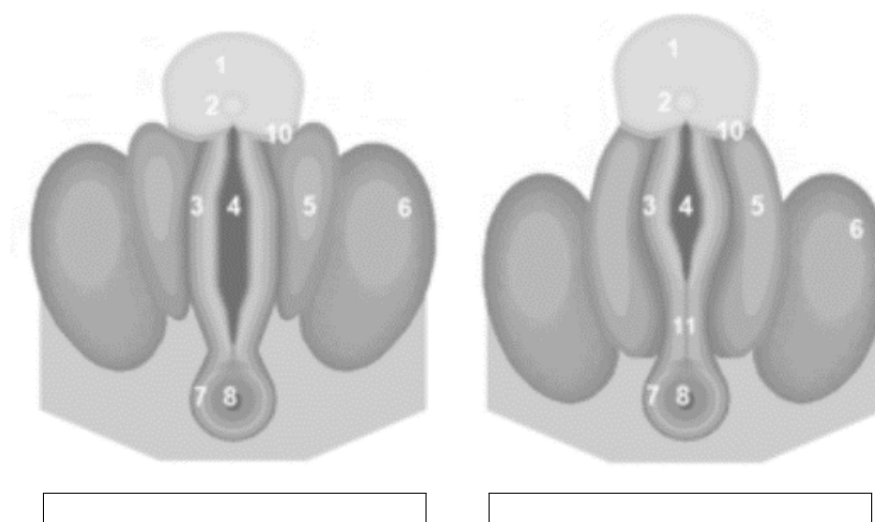
**Jautājums III.3.13.** Norādi, cik bieži (ik pēc cik dienām) notiek 2. apstāšanās reize. Kāds hormons sāk pastiprināti izdalīties līdz ar šūnas attīstības apstāšanos? [0.5 p.]

**Jautājums III.3.14.** Kāds hormons nodrošina vīrišķo dzimumšūnu nobriešanu. Kādos cilvēka orgānos tas izdalās? [0.5 p.]

### III.4 Ārējā organoģenēze [6.75 p.]

#### III.4.1 Dzimumpaugura attīstība [2.75 p.]

**Jautājums III.4.1.** Ārējo dzimumorgānu attīstība sākas ar dzimumpaugura veidošanos, kas veidojas no somatomezodermālās plātnītes, cilmes šūnu izvietojumu un dalīšanās frekvenci koordinējot dažādām morfogēnām molekulām. Attēlos ir norādīta dzimumpaugura uzbūve 10. embrija attīstības nedēļā — vienā tā atbilst vīrišķajai attīstībai, otrā attēlā — sievišķajai. **Pieraksti pie katra attēla**, kura veida attīstībai tas atbilst, kā arī pieraksti divas pazīmes, pēc kā tu to noteici. [1 p.]



Pazīmes:

|  |
|--|
|  |
|--|

**Jautājums III.4.2.** Ar 4. numuru struktūrā ir parādīts urīnizvadkanāls, to cieši aptver 5. struktūra, bet virspusē izvietojas 1. struktūra. Norādi ko attīstības gaitā veidos 1. struktūra un ko 5. struktūra. Nosauc kādu orgānu tālākās attīstības gaitā apvienojoties veidos 1. un 5. struktūras sievietēm un kādu vīriešiem. [1 p.]

|               |                      |
|---------------|----------------------|
| 1. struktūra  | <input type="text"/> |
| 5. struktūras | <input type="text"/> |
| Sievietēm     | <input type="text"/> |
| Vīriešiem     | <input type="text"/> |

**Jautājums III.4.3.** Nosauc kādu ārējo dzimumorgānu tālākās attīstības gaitā veidos 6. struktūra sievietēm un kādu vīriešiem. [0.5 p.]

|           |                      |
|-----------|----------------------|
| Sievietēm | <input type="text"/> |
| Vīriešiem | <input type="text"/> |

**Jautājums III.4.4.** Nosauc 8. struktūru. [0.25 p.]

### III.4.2 Signālmolekulas dzimumpaugurā [4 p.]

Ārējo dzimumorgānu attīstība ir regulēta ar dažādu signālmolekulu palīdzību, kas ir specifiskas īpašām dzimumpaugura šūnu grupām. Dzimumpaugurā izšķir ektodermas daļu, no kā attīstīsies ādas epitēlijs un nervaudi, serdes un priekšādas mezenhīmu, no kā attīstīsies nobrieduši dzimumorgānu saistaudi, kā arī endodermu, kas iedalās pamatdaļā un ārējā daļā, no kā attīstīsies urīnizvadkanāla epitēlijs. Starp mezenhīmas šūnām ir izvietojusies starpsūnu viela, kas sastāv no proteoglikāniem un atsevišķām glikozaminoglikānu molekulām, bet urīnizvadkanāla centru veido dobums jeb lūmens.

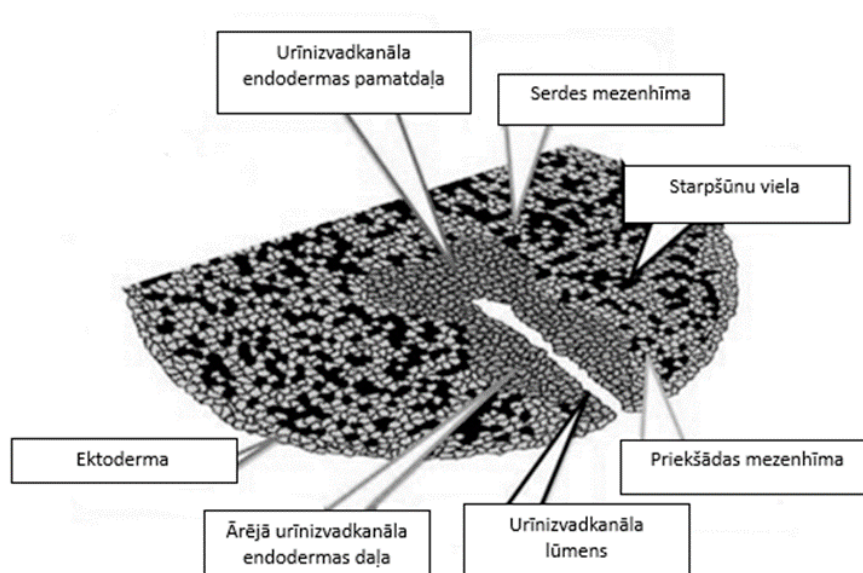
Pamatā dažādu audu tālāku attīstību no cilmes šūnu grupām veicina divi proteīni — SHH (Sonic hedgehog proteīns) un FGF10 (fibroblastu augšanas faktors 10), tie iedarbojoties uz dažādiem augšanas faktoriem, regulē gan jaunu šūnu veidošanos, tām daloties, gan arī šūnu kontrolētu bojāeju – apoptozi (skat. III.3. att.).

**Jautājums III.4.5.** Novērtē apgalvojumus kā patiesus vai aplamus. [4 p.]

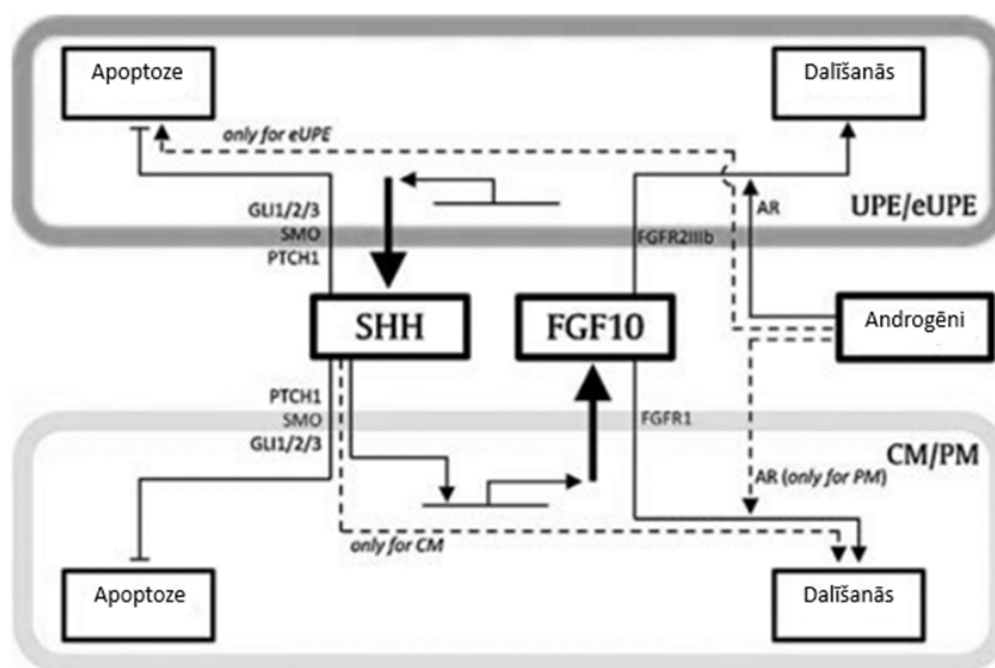
|                                                                                                                                        | P                        | A                        |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| (1.) Dzimumpaugurā SHH izstrādājas tikai embrionālajos saistaudos;                                                                     | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| (2.) SHH var nodrošināt negatīvās atgriezeniskās saites reakcijas;                                                                     | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| (3.) FGF10 ir protoonkogēns;                                                                                                           | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| (4.) Virsnieru garozas bojājuma gadījumā priekšādas veidošanās tiks traucēta;                                                          | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| (5.) Ja tiks traucēta mazo kodola RNS sintēze endodermālo šūnu dalīšanās tiks traucēta;                                                | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| (6.) SMO receptors ir iesaistīts kaspāžu aktivācijā;                                                                                   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| (7.) Aizmugurējā dzimumpaugura daļā tiks sekretēts pamatā SHH;                                                                         | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| (8.) Testosterons veicina gan urīnizvadkanāla spraugas palielināšanos garumā, gan tās vē-lāku aizaugšanu, spraugas diametru samazinot. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

### III.5 I used to float, now I just fall down ☹ [10.5 p.]

Sēklinieki ir iekšējais dzimumorgāns, kas sākotnēji attīstās vēdera dobumā no vidusnieres, kas embrionālās attīstības periodā pilda līdzīgas funkcijas abām īstajām nierēm, līdz 10. embrionālās attīstības nedēļā sāk pārveidoties par sēkliniekiem vai olnīcām.



Att. III.2: Dzimumpaugura pamata audu grupu attēlojums šķēsgriezumā.



Att. III.3: Shēma, kas parāda SHH un FGF10 ietekmi uz dažādu audu attīstību. Apakšējais taisnstūris apzīmē serdes mezenhīmu (CM) un priekšādas mezenhīmu (PM), augšējais taisnstūris apzīmē urīnizvadkanāla endodermas pamatdaļu (UPE) un ārējo urīnizvadkanāla endodermas daļu (eUPE). GLI 1/2/3 – gliomas asociētā protoonkogēna aktivētājreceptori, PTCH – “patched” receptora homologs 1, SMO – “smoothened” receptors, FGFR1 – fibroblastu augšanas faktora receptors 1, FGFR2IIIb – fibroblastu augšanas faktora receptora 2, IIIb forma, abas formas ir viena gēna ekspresijas rezultātā veidojušies proteīni. AR – androgēnu receptors. Ja uz bultiņas ir minēts “only for (..)”, dotais process tiek kontrolēts tikai ar abreviāturu pieminētajos audos. Klasiskā bultiņas apzīmē aktivāciju, bultiņas, kuru galā ir perpendikulāra līnija apzīmē inhibīciju.

**Jautājums III.5.1.** Nieru parenhīmai (neskaitot asinsvadus, nervus un nieru saistaudu apvalkus) piemīt humorāla funkcija. Izvēlies hormonus/enzīmus, kurus normā sekretē nieres, atzīmē tiem atbilstošās funkcijas un norādi šūnas, kurās katra viela tiek sekretēta. Enzīmiem norādi to katalizētās reakcijas produkta funkcijas. Ja kāds enzīma produkts vai hormons veicina cita hormona izdalīšanos, pie konkrētās vielas norādi arī šī sekundārā hormona funkcijas. Katrai vielai varbūt vairākas funkcijas, bet tikai viena sekrēcijas vieta. Par katru lieki izvēlētu hormonu un funkciju sods ar  $-1p.$  no jautājumā iegūtā punktu skaita, ja zaudēto punktu skaits pārsniedz iegūto, rezultatīvais punktu skaits jautājumā — 0 [3 p.]

**Hormoni:**

- |                                          |                                 |                                      |                  |
|------------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|------------------|
| • Nātrijurētiskais peptīds,              | • Angiotenzinogēns,             | • Melanocītus stimulējošais hormons, | • Kortizols,     |
| • Eritropoetīns,                         | • Renīns,                       | • Adiponektīns,                      | • Noradrenālīns, |
| • Kalcitriols (D vitamīna aktīvā forma), | • Bradikinīns,                  | • Insulīns,                          | • Dopamīns,      |
| • Vazopresīns,                           | • Inhibīns,                     | • Peptīds YY,                        | • Bombezīns,     |
| • Folikulstimulējošais hormons,          | • Anti-Müllera hormons,         | • Neuropeptīds Y,                    | • Motilīns,      |
|                                          | • Cilvēka horija gonadotropīns, | • Grelīns,                           | • Glikagons,     |
|                                          |                                 | • Histamīns,                         | • Kalcitonīns,   |
|                                          |                                 | • Adrenālīns,                        | • Parathormons   |

**Šūnas:**

- |                                        |                                               |
|----------------------------------------|-----------------------------------------------|
| • Jukstaklomerulārās šūnas,            | • lejupejošā izlocītā kanāliņa epiteliocīti,  |
| • intraklomerulārās mezanglālās šūnas, | • augšupejošā izlocītā kanāliņa epiteliocīti, |
| • ārpusglomerulārās mezanglālās šūnas, | • serdes un garozas stromas fibroblasti       |

**Funkcijas:**

- |                                            |                                                                     |                                                          |
|--------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| • Iesaistīts asinsreces faktoru veidošanā, | • nodrošina pastiprinātu asinsvadu gludās muskulatūras saspringumu, | • stimulē kuņģa skābes sekrēciju,                        |
| • pastiprina ūdens reabsorbciju nierēs,    | • nodrošina samazinātu pastiprina peristaltiku,                     | • paplašina acs zīlītes,                                 |
| • pastiprina $K^+$ sekrēciju nierēs,       | • veicina eritroblastu veidošanos,                                  | • kavē peristaltiku,                                     |
| • stimulē porfirīnu sintēzi,               | • nodrošina neirālo "apbalvojuma apmierinājuma" reakciju ķēdi,      | • pastiprina $Ca^{2+}$ absorbciju zarnās,                |
| • veicina apetīti,                         | • pastiprina glikoneoģenēzi,                                        | • pastiprina $Ca^{2+}$ ekskrēciju,                       |
| • stimulē gametoģenēzes norisi,            | • pastiprina insulīna receptoru sensitivitāti,                      | • palielina kaulvielas šķelšanu, aktivējot osteoklastus, |
| • pastiprina estrogēna sintēzi,            |                                                                     | • nodrošina ejakulāciju,                                 |
| • paaugstina asinsspiedienu,               |                                                                     | • inhibē imūnfunkciju,                                   |
| • pazemina asinsspiedienu,                 |                                                                     | • piedalās cirkādisko ritmu veidošanā.                   |

**Atbilde:**

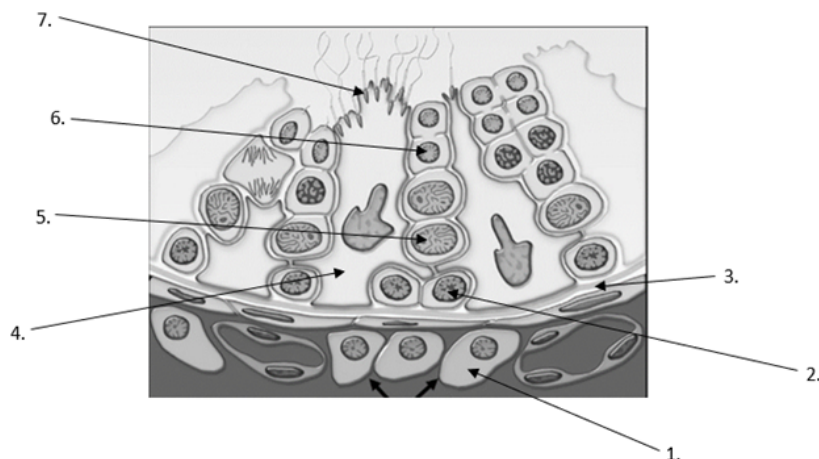
|  |
|--|
|  |
|--|

**Jautājums III.5.2.** Norādi sēklinieka shēmā redzamās mikrostruktūras. [1.75 p.]

**Struktūras:**

- Spermatogoniji,
- Spermatocīti,
- Spermatīdas,
- Spermatozoīdi,
- Sertolli šūnas jeb balstšūnas,
- Leidiga šūnas,
- Spermatiskā epitēlija bazālā membrāna

**Shēma:**



**Atbilde:**

1.

2.

3.

4.

5.

6.

7.

**Jautājums III.5.3.** Pēc pilnīgas nobriešanas 33. embrionālās attīstības nedēļā, sēklinieki noslīd caur cirkšņa kanālu, kas ir cirkšņa, zarnkaula un kaunuma kaula, sprauginās saites, kā arī vēderpreses malējo muskuļu apvalku un cīpslu veidota eja, pēc kā nonāk sēklinieku maisiņā, kas ir svarīgi zemākas temperatūras uzturēšanai sēkliniekos. Kāpēc sēkliniekos ir svarīgi uzturēt zemāku temperatūru? Nosauc 2 iemeslus! [1 p.]

**Jautājums III.5.4.** Sēkliniekiem, ir seši iekšējie apvalki, no kuriem visi, izņemot olbaltumapvalku ir veidojošies no vēdersienas struktūrām, visdziļākajam apvalkam — makstainajam sēklinieku apvalkam — ir raksturīgas divas kārtas, kas sastāv no plakana vienkārtaina epitēlija, kas ir cēlies no mezodermas. Sarp šīm kārtām cirkulē serozs šķidrums. No kā ir veidojies makstainais sēklinieku apvalks? [0.25 p.]

**Jautājums III.5.5.** Bieži vien lielas fiziskas slodzes vai traumu gadījumā caur cirkšņa kanālu sēklinieku maisiņā var nonākt vēl kāds vēdera dobuma orgāns. Kas ir šis orgāns un kā sauc šo stāvokli? [0.5 p.]

|           |                      |
|-----------|----------------------|
| Orgāns    | <input type="text"/> |
| Stāvoklis | <input type="text"/> |



Šī stāvokļa risku var palielināt ģenētiskas saslimšanas, viena no tām ir nepilnīgā osteoģenēze, kas ir autosomāli dominanti pārmantojama slimība, kurai ir raksturīga nepilnīga penetrance, — tā izpaužas tikai 60% heterozigotu īpatņū. Nepilnīgās osteoģenēzes gadījumā atkarībā no tās tipa vai nu tiek sintezētas kolagēna molekulas, kas nespēj polimerizēties, līdz ar ko nespēj pilnvērtīgi funkcionēt, vai arī kolagēns netiek sintezēts pilnībā, kas liek saistaudiem kļūt vai nu ļoti trausliem, piemēram, kaulaudu gadījumā, vai ļoti viegli deformējamiem un plāniem blīvo saistaudu gadījumā. Kādam vīrietim, kurš ir heterozigots pēc genotipa, ir tikusi atrasta šī slimība.

**Jautājums III.5.6.** Kāda ir iespējamība, ka šim vīrietim piedzims slims bērns, ja viņa partnere gaidībās ir homozigota recesīva? [1 p.]

**Jautājums III.5.7.** Kāda ir iespējamība, ka viņa meita, kas ir piedzimusi vesela, ir alēles nēsātāja, ja māte ir homozigota recesīva? [1 p.]

**Jautājums III.5.8.** Kāda ir iespējamība, ka šajai meitai piedzims slims bērns? [1 p.]

**Jautājums III.5.9.** Kāda ir iespējamība, ka vīrieša brāļa, kas ir viņa dizigotisks dvīnis, mazmeita, kas ir piedzimusi vesela, ir patogēnās alēles nēsātāja, ja ne brālim, ne nevienam no brāļa bērniem un citiem mazbērniem slimība nav novērota? Slimība slimība ir diezgan reta, tāpēc tikai viens no brāļu vecākiem ir bijis alēles nēsātājs, kā arī brāļa bērnu partneri nav slimās alēles nēsātāji. Parādi aprēķinus! [1 p.]



## UZDEVUMS

### IV

# NEPARASTI PROKARIOTU METABOLISMI [50 p.]

## Ievads

Prokarioti ir tik tiešām fantastiski organismi. Lai gan, tie bieži paliek neredzēti, šie vienšūņi bez kodola ir visvienkāršākie organismi ar vismazāko genomu, visnesarežģītākajiem metabolismiem un visprimitīvāko dalīšanās veidu, kas var tikt uzskatīti par dzīvām radībām. Tieši šī iemesla dēļ tie bieži kalpo par modeļorganismiem ģēnu ekspresijas un dzīvības pirmsākumu pētniecībā. Tie ir universāli mūsu biosfērā un ir pielāgojušies visām dzīvesvietām apkārt pasaulei — no okeānu dziļēm, polārajiem tuksnešiem un augu saknēm līdz termālajiem avotiem, radioaktīvajiem atkritumiem un govju un koalu gremošanas traktiem. Protams, ka cilvēki laika gaitā arī iemācījušies ‘pieradināt’ un gūt labumu no šiem mikroskopiskajiem brīnumiem.

Jāsaka, ka sākumā gribēju uzdevumu taisīt tikai par metabolismiem, bet tas ātri uzauga un pārauga par kaut ko lielāku. Ceru, ka tev šis ‘mega uzdevums’ nenesīs pārāk lielu stresu vai satraukumu, bet gan gandarījuma un atziņas sajūtu par pasauli un dzīvību, kas norit ap tevi! Atceries darbus komandā sadalīt godīgi un vēl uveiksmi!

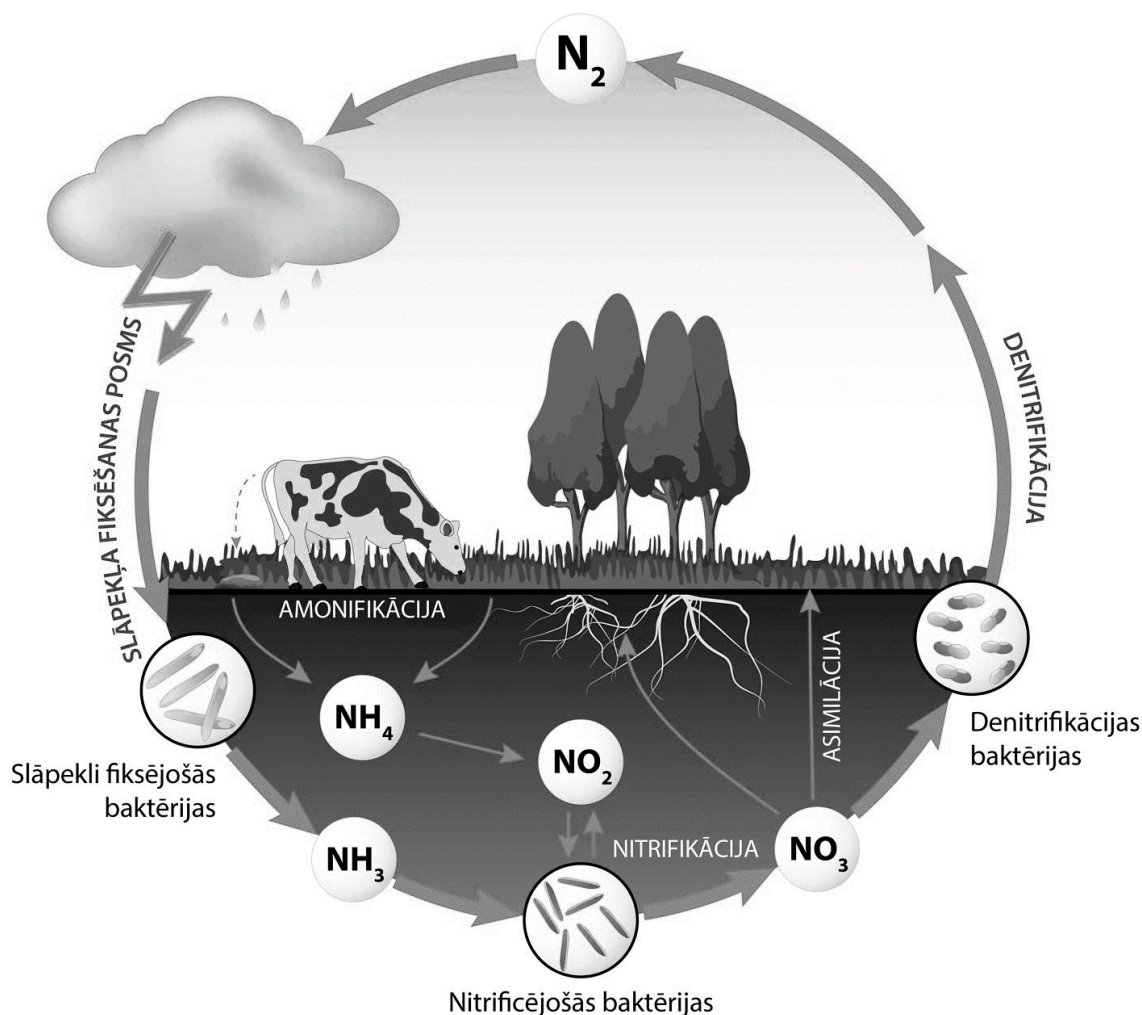
## IV.1 Slāpekļa cikls un notekūdeņi [18.25 p.]

Slāpeklis ir 7. elements ķīmijas periodiskajā tabulā, tas sastāv no 7 protoniem, 7 elektroniem un, atkarībā no izotopa, 7 vai 8 neitroniem. Tā elektronapvalka uzbūves dēļ, tas sev var gan pievienot elektronus, gan tos atdot, atļaujot veidoties ļoti daudz iespējamajiem joniem un ķīmiskiem savienojumiem. Tas ir plaši sastopams kā neorganiskajā, tā arī organiskajā ķīmijā — slāpeklis ir pilnībā visu šūnu sastāvā un tiek uzskatīts par ceturto izplatītāko elementu dzīvos organismos (sastādot 3% no cilvēka). Tas galvenokārt sastopams mūsu atmosfērā, taču arī atrodams augsnē nitrātu, nitrītu un amoniju jonu sastāvā. Lai slāpeklis spētu veikt pilnīgu apriti dabā un neuzkrāties jebkurā noteiktā vietā, ir izveidojies slāpekļa cikls. **Šajā uzdevumā apskatīsim šo brīnišķīgo elementu no 3 dažādiem skatpunktiem — ekoloģiskā, ķīmiskā un tehnoloģiskā.**

### IV.1.1 Slāpekļa ekoloģija [3.5 p.]

Slāpekļa cikls (IV.1. att.) ir vitāls ekosistēmu ilgtspējai un tā apstāja var novest pie briesmīgām sekām. Tas ietver 4 izplatītāko slāpekļa neorganisko formu ( $N_2$ ,  $NH_4^+$ ,  $NO_2^-$  un  $NO_3^-$ ) apriti un nomaiņu. Molekulārais slāpeklis ir plaši sastopams gaisā, taču to augiem, sēnēm un dzīvniekiem nav iespējams uzņemt, tāpēc noteiktas baktērijas, ko dēvē par slāpekli fiksējošām, aizpildot šo ekoloģisko nišu, pārvērš to par augiem jau uzņemamo  $NH_4^+$  jonu. Tas tad caur vairāku ķīmisko reakciju sērijām pārvēršas par  $NO_2^-$ , tad  $NO_3^-$ ,

kas arī ir augiem ārkārtīgi svarīgs slāpekļa avots. Tālāk  $\text{NO}_3^-$  caur procesu, ko sauc par denitrifikāciju pārvēršas atpakaļ par  $\text{N}_2$ , un pievienojas atmosfērai, pabeidzot slāpekļa ciklu. Dota shēma ar slāpekļa cikla pamatelementiem un to savstarpējām mijiedarbībām.



Att. IV.1: Slāpekļa cikls

**Jautājums IV.1.1.** Kurai augu dzimtai pieder segsēklis, kas iesaistīts slāpekļa fiksācijā? [0.25 p.]

- (A) Orhideju (B) Kurvjziežu (C) Nakteņu (D) Tauriņziežu

**Jautājums IV.1.2.** Kāda veida faktors apzīmēts ar mākonīti un dzeltenu zibsnī? [0.25 p.]

- (A) Biotisks (B) Antropogēns (C) Abiotisks (D) Entropisks

**Jautājums IV.1.3.** Ko apzīmē bultiņa pa labi no vārda “amonifikācija”? [0.25 p.]

- (A) Pēdu nospiedumus/gravitāciju (B) Organisma sadalīšanos (C) Izelpoto gaisu (D) Ēšanu

**Jautājums IV.1.4.** Kura no šīm organiskajām vielām NAV sastopama slāpekļa ciklā? [0.25 p.]

- (A) Kolagēns (B) Vasks (C) Glutamīns (D) DNS

**Jautājums IV.1.5.** Kā šī shēma pamato to, ka baktērijas radās pirms augiem? [0.75 p.]

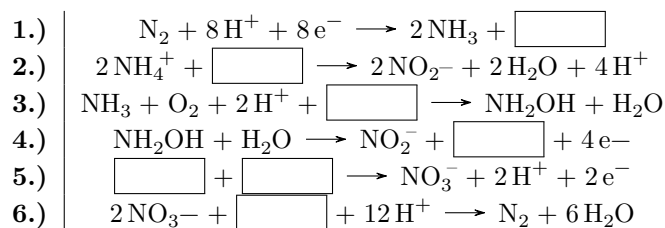
**Jautājums IV.1.6.** Ja no ekosistēmas pazustu nitrificējošās baktērijas, kas notiktu? Kādas būtu sekas pēc 50 gadiem? [0.75 p.]

**Jautājums IV.1.7.** Netālu no 400a lielas rabarberu fermas parādījies bīstami liels slāpekļa daudzums. Netālā ūdenstilpnē arī fiksēts paaugstināts fosfora līmenis un novērojama eitrofikācija. Kura fotoautotrofa uzliesmojums noticis? Kāpēc? Kāpēc tas ir bīstami? [1 p.]

#### IV.1.2 Ķīmijas interlūdija [3 p.]

Slāpekļa ciklu un tajā sastopamās pārvērtības nodrošina dažādas ķīmiskās reakcijas. Visas no tām norisinās organismos, šajā gadījumā baktērijās, kā daļa no to metabolismiem. Enerģiju, ko izdod reakcija, var izmantot dažādām organisma dzīvotspējai nepieciešamām darbībām, piemēram oglekļa fiksācijai no gaisa. Bez šīm ķīmiskajām reakcijām baktērijas nesaņemams tām nepieciešamo enerģijas devu un nomirs. Palīdz baktērijām saprast tajās iekšā notiekošos procesus, un izglāb tās!

**Jautājums IV.1.8.** Pabeidz reakcijas, tukšumos ierakstot trūkstošās vielas! [2 p.]



**Jautājums IV.1.9.** Kā sauc vielu  $NH_2OH$ ? [0,25 p.]

- (A) Slāpekļa bāze                      (B) Slāpekļa trihidro-                      (C) Hidroksilamīns                      (D) "Slāpekļa ūdens"  
gēnoksīds

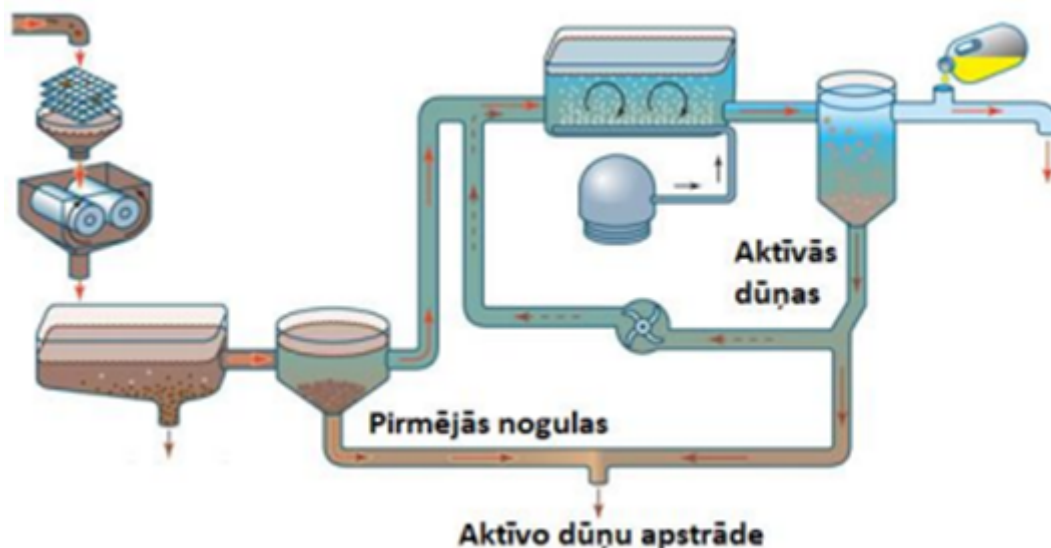
**Jautājums IV.1.10.** Kuri 2 soļi reakciju virknē kopā veic to pašu ko kāds cits solis? Pamato! [0.75 p.]

### IV.1.3 Notekūdeņu attīrīšana [11.75 p.]

Ar katru sekundi, kas paiet, kamēr lasi šo tekstu, kamēr guli un, protams, kamēr apmeklē labierīcības, tiek veidoti  $1200\text{ m}^3 = 1.2 \times 10^6\text{ L}$  ar notekūdeņiem. Tie tiek novadīti no dzīvojamām mājām un no apvidū esošajām komerciālajām, institucionālajām un sabiedriskajām iekārtām un satur cilvēku ekskrementus, izlietotu ūdeni no vannas istabām un veļas mazgāšanas, pārtikas gatavošanas atkritumus, un citus sadzīves atkritumus. Tā kā to ir nereālistiski un neekonomiski visu uzkrāt, tas ar laiku nonāk straumēs, upēs, ezeros un okeānos. Šis var kļūt ārkārtīgi bīstami, jo vielas un mikroorganismi (piemēram, *E. coli*, *Salmonellas*, *Šigellas* un *Vibrio*), kas sastopami kanalizāciju ūdeņos var nodarīt pāri gan apkārtējai videi, gan cilvēkiem. Saplūstot piesārņotam ūdenim ar tīru, ūdens tilpnēs nokļūst arī daudz bīstamu vielu, kā smagie metāli, amonjaks u.c., tādēļ ir svarīgi šo ūdeni pārstrādāt, attīrīt notekūdeņu attīrīšanas iekārtās.

Šādas iekārtas (IV.2. att.) ļauj pārvērst nevajadzīgu un kaitīgu atkritumu vitālā un ļoti vērtīgā dzeramā ūdenī, kā arī ļauj iznīcināt tajā sastopamos mikroorganismus. Patiesībā ūdens, ko tu dzer ikdienā arī kādreiz ir bijis notekūdeņi, kas ir savākti, filtrēti, attīrīti un izlieti dabā! Lai atbrīvotos no ūdenī sastopamām kaitīgām vielām tiek izmantoti prokarioti, kas nodarbojas ar slāpekļa savienojumu pārvērtībām, un kuri atrodami mums visapkārt! Ja to metabolismi tiek traucēti, samazinās tajā notiekošo reakciju produkti - nogulsnes, metāns utt. **Interesanti, ka šīs ķīmiskās reakcijas it kā pilnībā "atdarina" tās, kas notiek dabā - tās ir pilnībā identiskas ar reakcijām, ko pabeidzi 2.1. uzdevumā!**

Rīgas notekūdeņu bioloģiskās attīrīšanas stacija "Daugavgrīva" pēkšņi beigusi strādāt nezināmu iemeslu dēļ. Ir atrasti ieraksti ar mērījumu datiem atsevišķos attīrīšanas posmos un iegūti redzami grafiki. Papildus dots attīrīšanas shēmas attēls, tabula ar dažādiem mikroorganismiem, to dzīvesvietām un vides prasībām.



Att. IV.2: Notekūdeņu attīrīšanas sistēmas shēma.

Piezīme — procesā radītās dūņas un mitrās nogulsnes tiek tālāk izmantotas biogāzes un mēslojuma ražošanā ar metāntanka palīdzību!

**Jautājums IV.1.11.** Doti notekūdeņu attīrīšanas posmi, saliec tos pēc kārtas, hronoloģiskā secībā! (1. līdz 9.)! Savelc posmus kopā ar katram no tiem attiecīgajām funkcijām! [2 p.]

|                                                       |                                                            |
|-------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| Pieņemšanas kamera (1)                                | Ūdens plūsmas palēnināšana, nogulšņu nosēdināšana          |
| Aerācijas baseini ( <input type="checkbox"/> )        | Attīrīto notekūdeņu palaišana Rīgas jūras līcī             |
| Smilšķērāji ( <input type="checkbox"/> )              | Aktīvo dūņu* atdalīšana                                    |
| Mehāniskās restes ( <input type="checkbox"/> )        | Neattīrīto notekūdeņu ievadīšana                           |
| Dezinfekcija ( <input type="checkbox"/> )             | Bioloģiskā attīrīšana ar caurplūstošu skābekli             |
| Sekundārie nostādinātāji ( <input type="checkbox"/> ) | Rupju piesārņojumu ( $\varnothing$ virs 3.5 mm) atdalīšana |
| Sasmalcinātāji ( <input type="checkbox"/> )           | Atlikušo suspendēto daļiņu un eļļas noņemšana              |
| Primārie nostādinātāji ( <input type="checkbox"/> )   | Ūdens atbrīvošana no mikroorganismiem                      |
| Izlaide (9)                                           | Notekūdeņu cieto objektu saskaldīšana                      |

**Jautājums IV.1.12.** Dezinfekcija ir ļoti svarīgs apstrādes solis — tas nodrošina, ka ūdens ir drošs gan ekosistēmai, gan cilvēku uzturam. **Apvelc** nepiemēroto ūdens dezinfekcijas līdzekli! [0.5 p.]

- (A) Metanols                      (B) Ozons                      (C) Hlors                      (D) UV gaisma                      (E) Balināšanas līdzeklis

No **8. decembra** 6:00 līdz **9. decembra** 6:00, 24 stundu laikā atgadījušies divi atsevišķi un savstarpēji nesaistīti negadījumi. Tie ir norisinājušies dažādos laikos aerācijas baseinā un metāntankā — biogāzes ražošanas iekārtā, kas atrodas pēc aktīvo dūņu atdalīšanas vietas (shēmā nav attēlots). Attīrīšanas stacijas darbinieki prasa tev -prokariotu ekspertam - palīdzību ar šo patiesi neparasto situāciju. Tev palīgā doti ir sensoru mērījumi ar dažādiem datiem no šīm telpām. Ar sensoriem mērīta O<sub>2</sub> un CH<sub>4</sub> koncentrācija, temperatūra, pH līmenis, radītā sedimenta masa un spiediens (skat. IV.3. att.). Atbildi uz dotajiem jautājumiem izmantojot datus no grafika un savas zināšanas!

**Jautājums IV.1.13.** Cikos notika nelaime aerācijas baseinā? [0.25 p.]

- (A) 6:00–10:00                      (C) 13:00–15:00                      (E) 18:00–22:00  
(B) 10:00–13:00                      (D) 15:00–18:00                      (F) Pēc 22:00

**Jautājums IV.1.14.** Cikos notika nelaime metāntankā? [0.25 p.]

- (A) 6:00–10:00                      (C) 13:00–15:00                      (E) 18:00–22:00  
(B) 10:00–13:00                      (D) 15:00–18:00                      (F) Pēc 22:00

**Jautājums IV.1.15.** Vai O<sub>2</sub> līmenis 9. dec. 6:00 ir stabils? Kāpēc? [0.5 p.]

**Jautājums IV.1.16.** Secinot no grafika, kāds ir aerācijas baseina baktēriju nepieciešamā skābekļa kritiskais līmenis, zem kura to metabolisms ir ievērojami lēnāks? [0.5 p.]

**Jautājums IV.1.17.** Kāpēc aerācijas baseinā novērojamas pH izmaiņas? Pamato ar ķīmiskajām reakcijām 2.1. uzdevumā! [0.75 p.]

**Jautājums IV.1.18.** Atsaucoties uz datiem, kas varētu būt izraisījis aerācijas baseina nelaيمي? Hronoloģiski izklāsti situāciju! [1 p.]

**Jautājums IV.1.19.** Atsaucoties uz datiem, kas varētu būt izraisījis metāntanka nelaimi? Īsi un hronoloģiski izklāsti situāciju! [1 p.]

| Nr. | Organisms                          | Domēns    | Krs. | $t_o$ , °C | Opt. pH | Dzv. | Dzīvesvieta           | Izskats                 |
|-----|------------------------------------|-----------|------|------------|---------|------|-----------------------|-------------------------|
| 1.  | <i>Escherichia coli</i>            | Baktērija | –    | 36–38      | 7.5–7.8 | FN   | Zīdītāju trakts       | 1.5 μm, nūjiņveida      |
| 2.  | <i>Thermococcus hydrothermalis</i> | Arhejs    | –    | 83–89      | 5.8–6.2 | ON   | Hidrotermālas atveres | 2 μm, lodveida          |
| 3.  | <i>Nitrosomonas communis</i>       | Baktērija | –    | 26–31      | 7.0–8.0 | OA   | Augsne, saldūdens     | 2 μm, nūjiņveida        |
| 4.  | <i>Entamoeba invadens</i>          | Eikariots | nav  | 24–27      | 6.8–7.2 | OA   | Rāpuļu trakts         | 12–60 μm, neregulāra    |
| 5.  | <i>Rhizobium leguminosarum</i>     | Baktērija | –    | 12–37      | 5.5–8.2 | OA   | Augu sakņu gumiņi     | 1–3 μm, nūjiņveida      |
| 6.  | <i>Methanosarcina barkeri</i>      | Arhejs    | +    | 37–41      | 6.8–7.2 | ON   | Saldūdens             | 2 μm, veido pavedienus  |
| 7.  | <i>Akashiwo sanguinea</i>          | Eikariots | nav  | 22–27      | 5.8–6.8 | OA   | Jūras un okeāni       | 40–80 μm, ar bruņām     |
| 8.  | <i>Clostridium beijerinckii</i>    | Baktērija | +    | 32–37      | 6.5–8.2 | ON   | Augsnes dziļumi       | 4–5 μm, nūjiņveida      |
| 9.  | <i>Nitrospira inopinata</i>        | Baktērija | –    | 29–35      | 7.3–8.0 | OA   | Augsne un ūdens       | 1–2 μm, spirālveida     |
| 10. | <i>Methanospirillum lacunae</i>    | Arhejs    | –    | 34–38      | 5.6–6.3 | ON   | Purva augsne          | 2.5 μm veido pavedienus |

Tabula IV.1: Dažādi dabā sastopami mikroorganismi un to raksturīpašības. Apzīmējumi: Krs. — Grama krāsojums (Norāda vai baktērija ir ar vienu (+) vai divām (–) ārējām membrānām);  $t_o$  — optimālā temperatūra; Dzv. — optimālais dzīvesveids, kur FN — fakultatīvi anaerobi, ON — obligāti anaerobi, OA — obligāti aerobi.

Izmantojot doto informāciju IV.1. tabulā, atbildi uz jautājumiem!

**Jautājums IV.1.20.** Kādēļ *Escherichia coli* optimālā vides temperatūra ir aptuveni par 10 °C karstāka par *Entamoeba invadens*? [0.5 p.]



**Jautājums IV.1.21.** Kāpēc *M. Lacunae* optimālais vides pH atšķiras no *N. communis*? [0.5 p.]



Att. IV.3: četri grafiki, kas uzstādīti ar sensoru palīdzību notekūdeņu attīrīšanas stacijā "Daugavgrīva".

**Jautājums IV.1.22.** Ja tiktu izveidota homogēna suspensija ar visām tabulā dotajām mikroorganismu sugām, kura ar centrifugāciju nosēdinātos pirmā? [0.75 p.]

- (A) Gumīnbaktērija      (B) Hidrotermālais ar-      (C) Zarnu amēba      (D) Fitoplanktons  
hejs

**Jautājums IV.1.23.** Vai grama krāsojums ir monofiliska pazīme? Pamato! [0.75 p.]

**Jautājums IV.1.24.** Kuri no dotajiem organismiem palīdz notekūdeņu bioloģiskās attīrīšanas stacijas “Daugavgrīva” darbībai, un kuros posmos tie sastopami? Pamato savu izvēli, balstoties uz grafiku datiem! Vai organismiem ir kaut kas kopīgs? [2.5 p.]

## IV.2 Hot and steamy nukleīnskābes tavā rajonā [7.75 p.]

**Jautājums IV.2.1.** Ejot mājās no skolas, tu atrodi novārtā kādu vecu un samirkušu bioloģijas grāmatu. Tās teksts ir salasāms, bet daudzi no grāmatas terminiem ir iztrūkuši un tev rīt jāraksta kontroldarbs. Ievieto teksta tukšajos laukos pabeigto, visatbilstošāko vārdu no dotā vārdu saraksta! Daži no dotajiem vārdiem ir lieki, un dažiem no tiem ir iztrūkušas vārda daļas. Dotie vārdi ir nominatīva locījumā. [3 p.]

“Visus dzīvos organismus var iedalīt 2 grupās pēc to uztura avota — [ ] un [ ]. Pirmajā grupa iedalās, piemēram, augi, [ ] un ciānbaktērijas — organismi, kas enerģiju gūst neorganiskā ceļā un paši veido savas organis-  
kāšas vielas, taču otrā grupa iekļauj tādus organismus kā sēnes, dzīvniekus un dažādus protistus (amēbas un [ ]), kas pārtiek ekskluzīvi no citiem organismiem. Interesanti, ka dažas ‘triviālas’ organismu grupas, kā [ ], var ie-  
dalīt abās grupās. Tālāk var izdalīt [ ], kas izmanto saules starus, lai uzsāktu metabolismu, un [ ], kas organis-  
kāšas vielas uzņem no trūdošiem organismiem. Par [ ] sauc organismus, kas ir dzīvot-  
spējīgi augstās NaCl koncentrācijās, un [ ] ir dzīvotspējīgi ļoti skābā vidē. Cilvēki, kvieši un sūnas ir uzskatīti par [ ], jo agrā attīstībā tie barojas no mātes organisma.” “Mikrobioloģija ir joma, kas pēta mikroorganis-  
mus, to vairošanos, attīstību un iespējamās tehnoloģijas. Šādā tehnoloģiski avancētā nozarē ir iespējamās daudzas un dažādas pētniecības metodes. [ ] ir metode, kura nodarbojas ar pētījumiem dzīvos organismos, piemēram zāļu klīniskie pētījumi. [ ] metodi veic ārpus dzīvā organisma (burtiski tulkojot, ‘stiklā’), tāda ir šūnu [ ] audzēšana. [ ] pē-  
tījumi tiek vadīti digitāli, piemēram proteīna struktūras datoru simulācija.” “Viens no bioloģijas kontraversālākajiem jautājumiem, kas šķir zinātniekus, un par kuru jau ilgu laiku cilvēki laužīju-  
ši galvas, ir “Vai [ ] ir dzīvi/as?” Šīs mazās ‘piciņas’, kas sastāv no

\_\_\_\_\_ segmenta (DNS vai RNS) un \_\_\_\_\_ apvalka, ir iespējams visizplatītākās bioloģiskās vienības pasaulē! Tās ir sastopamas uz katra kontinenta un katrā pasaules \_\_\_\_\_. Pastāv teorija, ka tās veidojās jau pirms visu dzīvo organismu kopīgā senča rašanās un ir sekojušas dzīvības attīstībai jau miljardiem gadu. Šo bioloģisko vienību grupā ietilpst \_\_\_\_\_, kas pārtiek no lielākiem prokariotiem — \_\_\_\_\_, un vairojas tajos. Vēl sastopami arī \_\_\_\_\_ (iespēju meklētāji), kuri parasti ir nekaitīgi, bet var kļūt patogēni, ja ir traucēta imūnsistēmas darbība.”

### Vārdu saraksts:

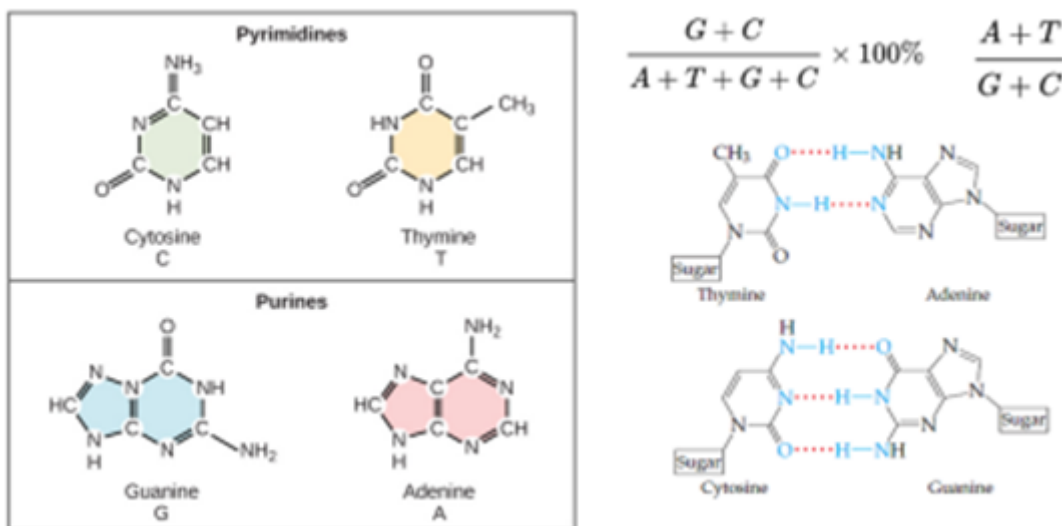
|               |                 |                  |                |              |
|---------------|-----------------|------------------|----------------|--------------|
| Pla.....ns,   | Ba.....rija,    | Fo.....utotrofs, | In vi..ro,     | Au.....rofs, |
| Al..e,        | Oport.....ists, | De.....tofāgs,   | A....dofils,   | Eko.....ēma, |
| In ..ivo,     | Ksero.....ts,   | M..trotrofs,     | Ē...ce,        | ..araz...s,  |
| L. sil..ca,   | Tu...līte,      | Halo.....ls,     | Ko.....ija,    | Vī...ss.     |
| B.....iofāgs, | Lip....,        | Ep...īts,        | H....erotrofs, |              |
| Pro.....s,    | .....īnskābe,   | Arh...s,         | .....idrāts,   |              |

### Analizē doto tekstu un attēlu un veic secinājumus!

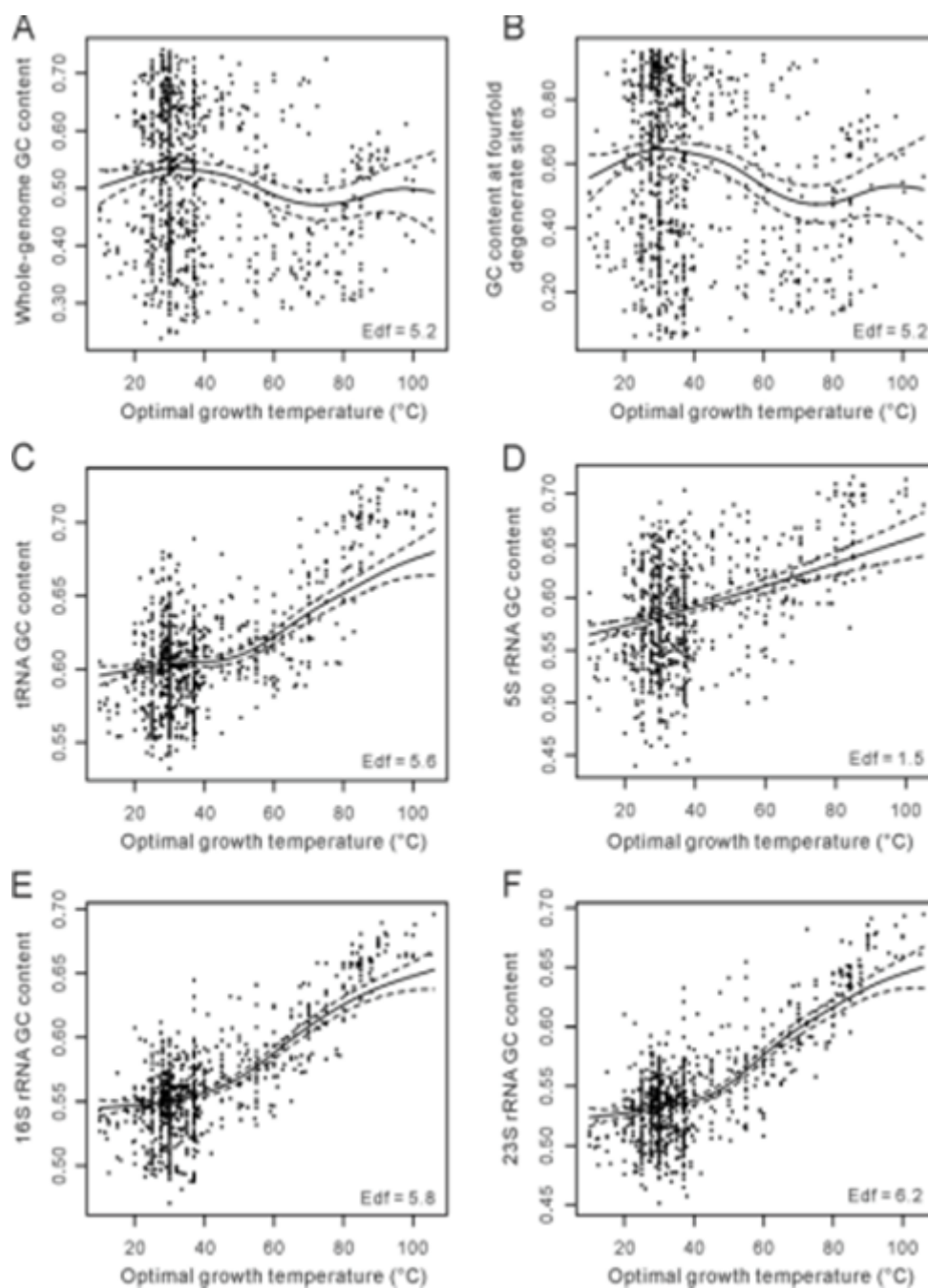
DNS (jeb pilnā nosaukumā dezoksiribonukleīnskābe) ir visu dzīvo organismu ģenētiskās informācijas glabātājs. Tas ir polimērs, kas sastāv no daudziem maziem nukleotīdiem (t.i., slāpekļa bāzes, ogļhidrāta dezoksiribozes un fosforskābes atlikuma savienojumiem), kas savirknēti, lai veidotu divus komplimentārus pavedienus. Divpavedienu DNS šie divi komplementāri DNS pavedieni (polimēri) veido DNS dubultspirāli, kuras forma redzama 4. attēlā. Abas DNS veidojošās polinukleotīdķēdes ir savienotas ar ūdeņraža saitēm. DNS ir retāk sastopams arī viena un trīs pavedienu veidā. Spirāle, kuras rādiuss ir aptuveni 2.4 nm, var sasniegt pat vairāku milimetru garumu.

DNS sastāvs ir atkarīgs no tā sastāvā esošajiem nukleotīdiem. Kopā DNS uzbūvē sastopami 4 nukleotīdi, un katram no tiem ir sava slāpekļa bāze ar burta apzīmējumu — adenīns (A), citozīns (C), guanīns (G) un timīns (T). Adenīns un guanīns tiek dēvēti par purīniem, un citozīns un timīns — par pirimidīniem. Ņemot vērā katras slāpekļa bāzes uzbūvi un ķīmiskās īpašības, sastādot DNS uzbūvi, tās sakārtojas pāros — A veido saites ar T, un G veido saites ar C. Šī iemesla dēļ, kad vienā DNS spirālē būs sastopams guanīns, vienmēr tam pretī otrajā spirālē būs citozīns, un tāpat timīnam adenīns.

Informāciju DNS iekodē atšķirīgo nukleotīdu secība, piemēram, ‘ATTGCGACT’. Tā kā tā nukleotīdu saturu iespējams sadalīt divās daļās — nukleotīdu pāros AT un GC, tad bieži tiek izmantoti tādi lielumi kā ‘GC saturs’ un ‘AT/GC attiecība’, lai raksturotu kāda organisma genomu. Tos aprēķina pēc IV.4. attēlā redzamajām formulām.



Att. IV.4: Slāpekļu bāžu iedalījums (pa kreisi), GC saturs un AT/GC formulas (augšā pa labi) un nukleotīdu pāru saišu veidošanās (apakšā pa labi).



Att. IV.5: Grafiki, kas rāda optimālās mikroorganismu augšanas temperatūras atkarību no GC satura šūnas genomā un dažādos tā nodaļumos.

**Jautājums IV.2.2.** Kāpēc adenīns nespēj saistīties ar citozīnu? [0.25 p.]

Dots DNS virknes fragments: ACTGCCGTACGCTGCGTCGCTACGTAGACC

**Jautājums IV.2.3.** Aprēķini virknes GC saturu un AT/GC attiecību! [0.25 p.]

**Jautājums IV.2.4.** Izvēlies komplementāro virkni! [0.25 p.]

TGACGGCTTGCCACGCTGTGATGCATCTGG  
TGACCGCATCCGACGCAGCGATGCATCTGG  
TGACGGCATGCGACGCAGCGATGCATCTGG  
TCAGGCGAAGCGTGGCAGCGTAGCATCTCG

**Jautājums IV.2.5.** Ja dotā virkne ir šūnas tRNS kodējošā fragmentā, kādā temperatūrā organisms visoptimālāk augtu, balstoties uz pieejamo informāciju? [0.25 p.]

- (A)  $< 39^{\circ}\text{C}$  (C)  $55\text{--}59^{\circ}\text{C}$  (E)  $70\text{--}79^{\circ}\text{C}$  (G)  $> 90^{\circ}\text{C}$   
(B)  $40\text{--}54^{\circ}\text{C}$  (D)  $60\text{--}69^{\circ}\text{C}$  (F)  $80\text{--}89^{\circ}\text{C}$

**Jautājums IV.2.6.** Ko var secināt par organismu no tā AT/GC attiecības 5S rRNS? (topt – organisma optimālā augšanas temperatūra) [0.75 p.]

- (A) Starp AT/GC rRNS un  $t_{\text{opt}}$  nepastāv korelācija (D) Ja AT/GC = 0.65, tad  $t_{\text{opt}} = 53^{\circ}\text{C}$   
(B) Ja AT/GC = 0.65, tad  $t_{\text{opt}} = 98^{\circ}\text{C}$  (E) Ja AT/GC  $> 1$ , tad  $t_{\text{opt}} > 20^{\circ}\text{C}$   
(C) Ja AT/GC = 0.65-0.7, tad  $t_{\text{opt}} = 80\text{--}100^{\circ}\text{C}$  (F) Jāveic papildus pētījumi, lai noskaidrotu sakarību

**Jautājums IV.2.7.** Kas ir visticamākais iemesls kāpēc GC saturs nekad nevar būt zemāks par 20% un augstāks par 80%? Kāpēc nav iespējams GC saturs 100%? [0.75 p.]

**Jautājums IV.2.8.** Ko ir iespējams secināt par GC satura ietekmi uz organisma dzīvotspēju augstākās temperatūrās no grafikā dotās informācijas? [0.5 p.]

**Jautājums IV.2.9.** Vai iepriekšējā uzdevumā veikto secinājumu iespējams izskaidrot caur slāpekļa bāzu ķīmiskajām īpašībām? Pamato! [0.5 p.]

**Jautājums IV.2.10.** Zināms, ka kādā DNS dubultspirāles segmentā ir 5 nezināmi nukleotīdu pāri. Kāda ir iespēja (%), ka nukleotīdu secība vienā no virknēm būs AGGTA? Pamato! [1 p.]

### IV.3 Viens, divi... četri? [13 p.]

#### IV.3.1 Pamatjautājumi [ p.] 2.75

Binārā dalīšanās ir primārā baktēriju reprodukcijas metode, kas ļauj tām strauji palielināt savu populāciju. Tā ir viens no iemesliem, kāpēc baktērijas var tik efektīvi vairoties un pielāgoties dažādām vidēm, veicinot to kā daudzveidīgas un izturīgas mikroorganismu grupas panākumus. Laiku starp baktērijas rašanos un tās nākamās dalīšanās beigām sauc par dalīšanos periodu.

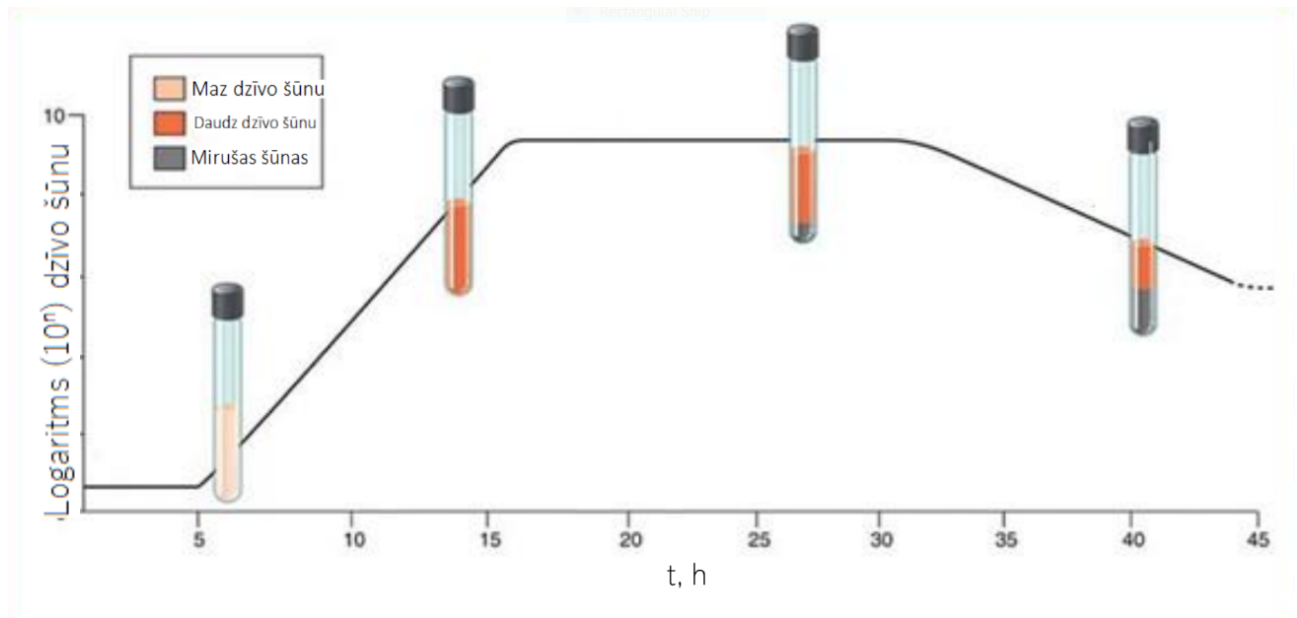
**DNS replikācija:** pirms sākas šūnas dalīšanās, baktēriju šūnā notiek tās ģenētiskā materiāla, DNS molekulas replikācija - tiek iegūtas divas identiskas baktērijas hromosomas kopijas.

**Citokinēze:** Baktērijas šūna pagarinās. Kad tā ir apmēram divreiz pārsniegusi savu sākotnējo garumu, tās membrāna ieliecas uz iekšu, dalot šūnu divās vienādās daļās, no kurām katra satur oriģinālā genoma kopiju. Membrāna pilnībā sadala šūnu, meitšūnas atdalās un turpina augt līdz nākamajai dalīšanās reizei.

Taču kas ir nepieciešams, lai baktērijas spētu veikt bināro dalīšanos? Lai mikroorganismi spētu nodrošināt savu dzīvotspēju un vairotos, tiem visiem vajadzīgas tās pašas pamata barības vielas un sastāvdaļas (tostarp ūdens, oglekļa avots - parasti glikoze, kālijs, fosfors, slāpeklis, sērs, magnijs, kalcijs un dzelzs, visi no kuriem ir svarīgi, lai šūna spētu izpildīt ķīmiskās reakcijas, kas patur to dzīvu. Tie ir iesaistīti nukleīnskābju un olbaltumvielu sintēzē, enzīmu aktivitātē, šūnu struktūrā un enerģijas ražošanā, padarot tos par būtiskiem baktēriju augšanai un vielmaiņai.

Gadījumā, ja kāds no uzturam nepieciešamajiem elementiem trūkst, mikroorganismi spēj videi adaptēties un pielietot stratēģijas, lai nodrošinātu ilgtspējīgāku izdzīvošanu. Šīs stratēģijas var ietvert specializētu molekulu, piemēram, sideroforu, ražošanu, lai iegūtu ierobežotas barības vielas vai mainītu vielmaiņas ceļus, nodrošinot baktēriju izdzīvošanu sarežģītos apstākļos.

Lai audzētu protistus laboratorijas apstākļos tiek izmantotas barotnes. Tās tālāk iedalāmas vairākos veidos: vispārīgajās, selektīvajās, diferenciālajās, bagātinātajās, minimālajās un anaerobajās. Protams, eksistē arī tālāk specificētas barotnes sēnēm, zarnu mikroflorām utml. Katram veidam ir savi pielāgojumi un savi lietojums. Visizplatītākais barotnes veids ir vispārīgā barotne, kas sastāv no vielām, kā peptona, gaļas ekstrakta un rauga ekstrakta.



Att. IV.6: Baktērijas *K. skraustinum* populācijas pieauguma likne. Tās veidošanas laikā netika pievienotas papildus barības vielas.

Atbildi uz jautājumiem, balstoties uz informāciju un IV.6. attēlu!

**Jautājums IV.3.1.** Kas notiek pirmajās 5 stundās, kad baktērijas tiek ieviestas jaunā vidē? Kāpēc? Pielieto savas zināšanas par organismu vairošanos! [0.5 p.]

**Jautājums IV.3.2.** Vai pieaugums pēc 5 stundām ir lineārs/eksponenciāls? Kāpēc? [1 p.]

**Jautājums IV.3.3.** Kas notiek ar baktēriju skaitu pēc 32 stundām? Kāpēc? [0.5 p.]

**Jautājums IV.3.4.** Kāds ir mēģenes bioloģiskais limits (maks. bakt. daudzums)? [0.75 p.]



**IV.3.2 Vairāki paraugi [3 p.]**

Pieņem situāciju, kurā ir izveidoti 2 ar *K. Skrastinum* piesātināti paraugi ar vienādu barotnes daudzumu. Pirmajā paraugā tiek ieviestas 102 baktērijas, taču otrajā — 105 baktērijas. Visas no tām ir no vienas sugas un ar vienādu augšanas ātrumu.

**Jautājums IV.3.5.** Aprēķini, cik baktēriju ( $N_{\text{baktēriju}}$ ) būs pirmajā paraugā pēc 6 dalīšanās periodiem? [1 p.]

$$N_{\text{baktēriju}} = \boxed{\phantom{000000}}$$

**Jautājums IV.3.6.** Kurā paraugā ātrāk atmiris populācija? Kāpēc? [0.5 p.]

**Jautājums IV.3.7.** Kurš paraugs būs ģenētiski daudzveidīgāks? Kāpēc? [0.5 p.]

**Jautājums IV.3.8.** Pieņemot, ka IV.6. attēla grafikā izmantotas tādas pašas sugas baktērijas ar tādu pašu barotnes daudzumu, pēc cik ilga, sākot atskaiti no baktēriju pievienošanas, abi no paraugiem sasniegs bioloģisko limitu (apzīmē šo laiku barotnei 1 ar  $t_1$  un 2 ar  $t_2$ )? Vajadzīgās papildkonstrukcijas novelc ar lineālu! [1 p.]

$$t = \boxed{\phantom{000000}}$$

**IV.3.3 Logaritmiskās ritmiskās baktērijas [3 p.]**

Zinātnieki Latvijas Universitātē pirms 2 dienām atklājuši kādu neparastu mikroskopisku specimenu — baktērijas *Piragus Arnoldii*, kas sāk dejojot, atskanot lipīgai melodijai, un viņiem vajag Tavu palīdzību, lai noteiktu to vairošanās spējas! Ir atklāts, ka tās spēj ne tikai griezties un ceļot mūzikas virzienā, bet arī “dejojot”, svārstot to fimbrijas un pat vibrēt reizē ar mūzikas ritmu. Nav noskaidrots skaidrs parādības cēlonis (bailu reakcija, dabiskā atlase vai piemērota partnera atrašanās stratēģija), taču ir noskaidroti stimuli, kas izraisa vislielāko efektu — rībošie Hansa Cimmera skaņdarbi, Teilore Svifta un populārā latviešu grupas Ferrum dziesma “Dzērvenīte”.

Zinātnieki Tev prasa noskaidrot baktēriju dalīšanās ātrumu — tas ir ļoti nozīmīgs turpmāko eksperimentu gaitā, jo, zinot to, ir nosakāms baktēriju daudzums jebkurā noteiktā brīdī. Aprēķiniem dota formula.  $A_0$  — baktēriju sākotnējais skaits,  $A$  — baktēriju skaits beigās,  $t$  — pagājušais laiks,  $\Delta t$  — dalīšanās laiks.

$$A = \frac{A_0}{\Delta t} \cdot 2^t \quad (\text{IV.1})$$

**Jautājums IV.3.9.** Aprēķini, cik nenoteiktas sugas baktēriju būs pēc 11 stundām, ja to dalīšanās laiks ir 15 minūtes, un barotnē tiek ieviestas 7 baktērijas! Pieņem, ka to dalīšanās netiek negatīvi ietekmēta, un ka tām ir pietiekami barotnes, lai vairotos neierobežoti! [0.75 p.]

**Jautājums IV.3.10.** Barotnē tika introducētas 3 ritmiskās baktērijas, un pēc 5 stundu augšanas, tika atrasts, ka barotnē ir izaugušas  $3.38 \times 10^{15}$  baktērijas. Pieņemot, ka tās ir vairojušās neierobežoti, kāds ir ritmisko baktēriju dalīšanās laiks? [0.75 p.]

**Jautājums IV.3.11.** Ja kolonijas augšanas ātrumu  $\mu$  definē kā dalīšanās skaitu stundā, kāds ir ritmisko baktēriju kolonijas augšanas ātrums? [0.5 p.]

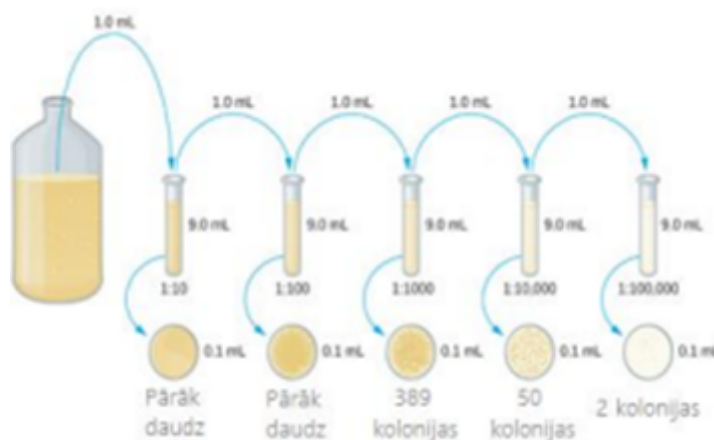
$$\mu = \boxed{\phantom{000000}}$$

#### IV.3.4 Mmmmmhhh, kefīrs uz šķīvja! [5.25 p.]

Petri plates, būtiskas mikrobioloģijā, ir aplveida trauki, kas izgatavoti no plastmasas vai stikla, pildīti ar agaru — barības vielām bagātu želeju. Tie kalpo visādu mikroorganismu audzēšanai un pētīšanai. Agara barotne, kā iepriekš minēts, nodrošina baktēriju, pelējuma sēņu, raugu u.c. mikroorganismu augšanu, un to var pielāgot ar specifiskiem līdzekļiem vai antibiotikām selektīvai audzēšanai.

Kad baktērijas saturošs paraugs tiek izplatīts uz agara virsmas, atsevišķas šūnas izaug ar aci redzamās kolonijās. Katra kolonija rodas no vienas baktērijas. Sākotnējā baktēriju skaita noteikšana bieži ietver koloniju skaitīšanu, lai gan koloniju saplūšana vai blīvums var padarīt to sarežģītu. Šādos gadījumos zinātnieki izmanto **koloniju veidojošās vienības (KVV)**, lai novērtētu oriģinālo šūnu skaitu. Parauga atšķaidīšana un koloniju skaitīšana uz atšķirīgi atšķaidītu paraugu plāksnēm palīdz aptuveni noteikt sākotnējo baktēriju koncentrāciju. Lai novērtētu KVV skaitu paraugā, jāizvēlas plate, uz kuras kolonijas nav necik saplūdušas.

Petri plates ir kļuvas par ikonām mikrobioloģijā, atklājot mikroorganismu pasauli un to iespaidīgo augšanu! Šie daudzpusīgie rīki ir ļoti svarīgi zinātniskajā izpētē, diagnostikā un mūsu izpratnes par mikrobu dzīvi veicināšanā, taču arī vienkārši īstenojami kādā izglītojošā vidē, piemēram skolā.



Att. IV.7: Shēma ar mikroorganismu saturoša parauga atšķaidīšanu.

**Jautājums IV.3.12.** Kāds ir IV.7. attēlā redzamajā shēmā izmantotais atšķaidīšanas koeficients? [0.25 p.]

(A)  $\times 1$

(B)  $\times 2$

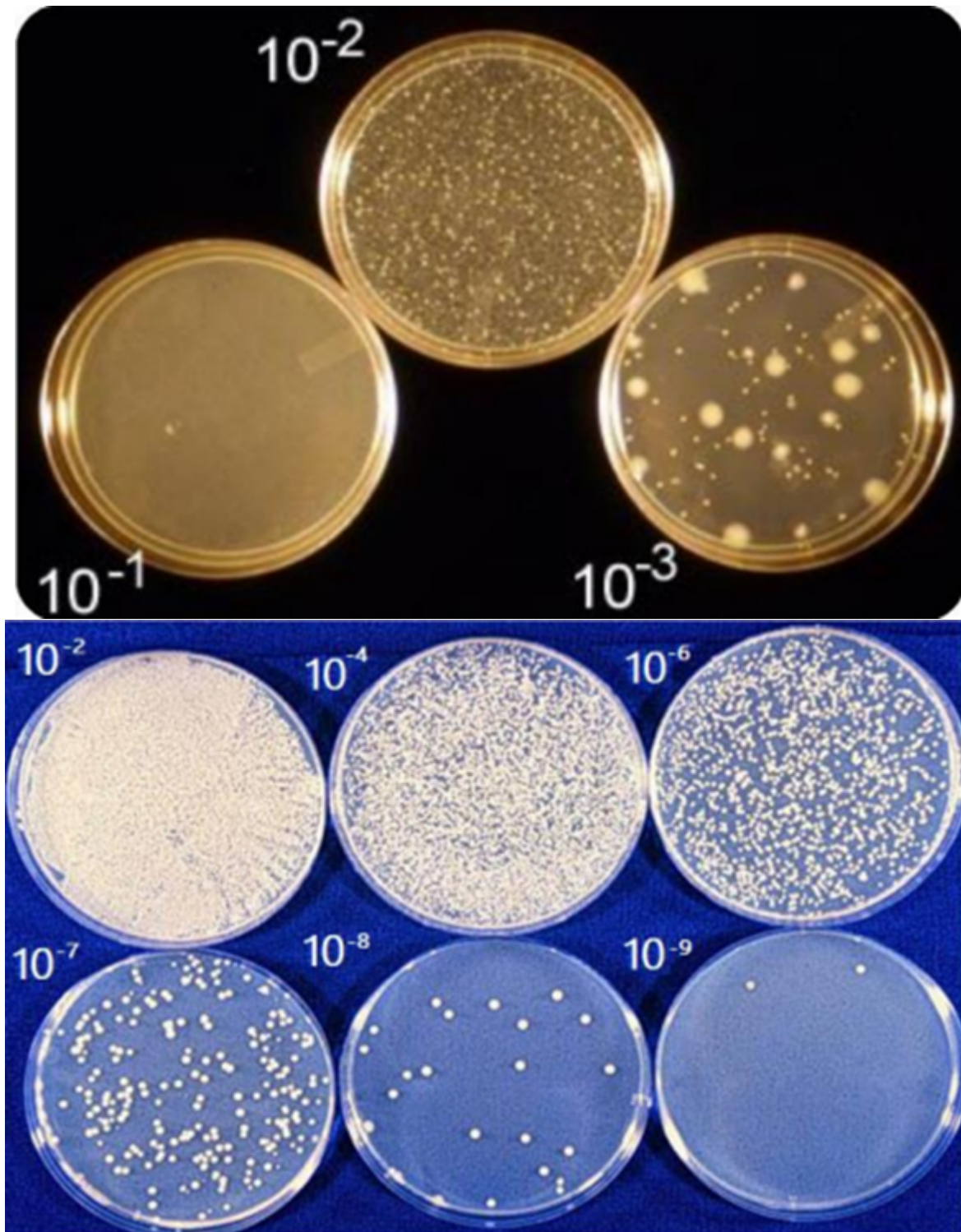
(C)  $\times 10$

(D)  $\times 9$

(E)  $\times 100$

**Jautājums IV.3.13.** Kā antibiotikas barotnē ietekmēs tajā augtspējīgos mikroorganismus? [0.5 p.]

Aplūko IV.8. attēlā dotās bildēs attēlotas vairākas petri plates, kas apzīestas ar diviem dažādiem paraugu atšķaidījumiem – no pelķes ūdens un kefīra. Katra petri plate apzīesta ar 0.3 mL atšķaidīta parauga, abu neatšķaidīto paraugu tilpums ir 5 mL, katrai petri platei izmantotais atšķaidījums salīdzinot ar paraugu pierakstīts blakus tai.



Att. IV.8: Bilde ar petri platēm, kur augšā attēlots ūdens, bet apakšā — kefīra mikrobioms.

**Padoms:** Lai ar aprēķiniem ietu vieglāk, paturi prātā molārās koncentrācijas formulu!

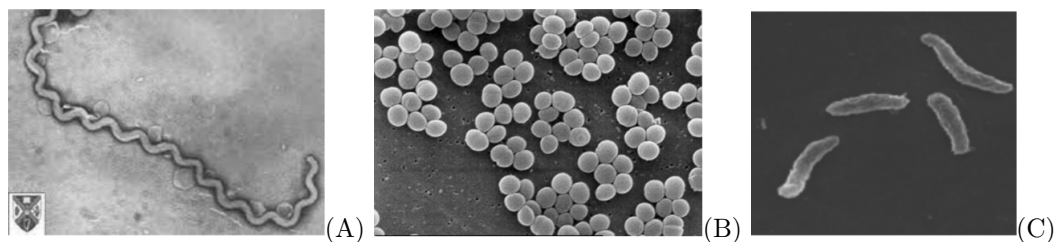
**Jautājums IV.3.14.** Vai augšējā attēlā izmantotais ūdens ir drošs, ja sanitārais standarts Rīgas dzeramajam ūdenim ir  $< 1 \text{ KVV}/100 \text{ mL}$ ? Pamato ar aprēķiniem! [1.5 p.]

**Jautājums IV.3.15.** Kefīra iepakojuma augstums ir 22 cm un diametrs 7 cm. Uzdevuma nolūkiem iepakojuma formu var pieņemt kā cilindru, kas pilns ar kefīru. Balstoties uz IV.8. attēla kefīra Petri platēm, aptuveni cik KVV būs sastopamas pilnā kefīra iepakojumā? [3 p.]

## IV.4 Spīdošās baktērijas [11 p.]

Bioluminescence jeb organismu mirdzēšana ir process, kurā dzīvie organismi izstaro gaismu, izmantojot ķīmiskas reakcijas, kas notiek viņu šūnās. Tā ir cieši saistīta ar oksidatīviem procesiem. Eksistē arī tādas bioluminiscējošas jeb gaismu producējošas baktērijas, kas galvenokārt sastopamas jūras nogulumos, uz trūdošām zivīm un jūras dzīvniekos. Viens no pazīstamākajiem piemēriem ir *Aliivibrio fischeri* jeb *Vibrio fischeri*. Šīs sugas baktērijas pamatā atrodamas simbiozē ar jūras dzīvniekiem, piemēram, havajiešu strupastes kalmāru, kas tās izmanto, lai izvairītos no plēsējiem. *Aliivibrio fischeri* ir svarīgs bioluminiscences, *quorum sensing* un baktēriju-dzīvnieku simbiozes izpētes objekts. Tās ir nosauktas pēc vācu mikrobiologa Bernarda Fišera.

**Jautājums IV.4.1.** Kurā attēlā ir redzamas *Aliivibrio fischeri* sugas baktērijas? [0.5 p.]

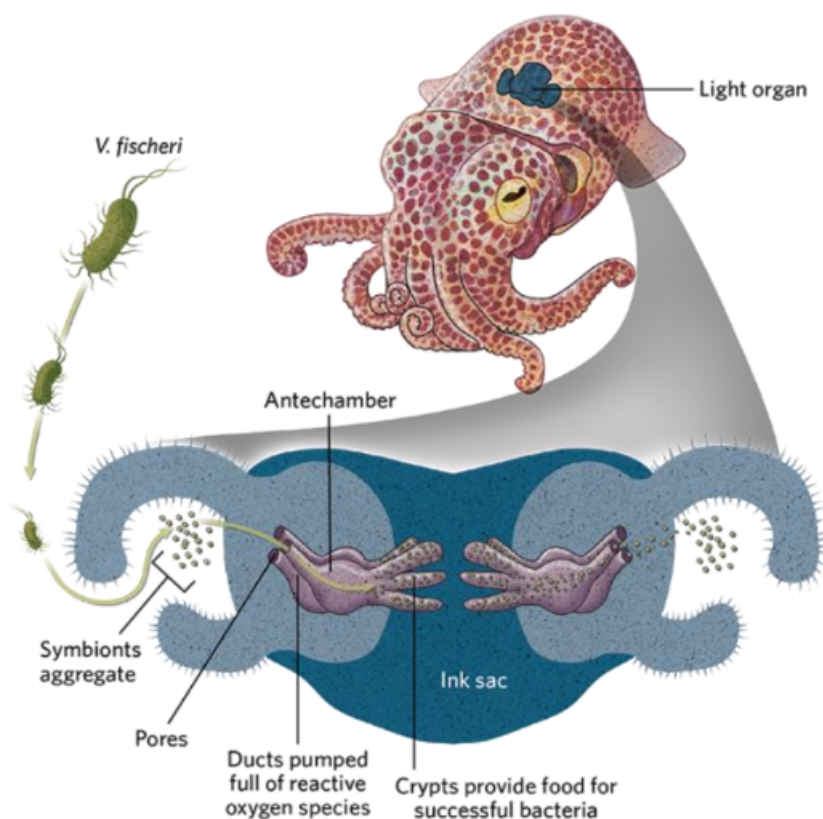


**Jautājums IV.4.2.** Zināms, ka *Aliivibrio fischeri* un havajiešu strupastes kalmāra attiecības ir abpusēji labvēlīgas. Kā specifiski sauc šādu attiecību veidu? [0.25 p.]

- (A) Komensālisms      (B) Amensālisms      (C) Mutuālisms      (D) Simbioze

**Jautājums IV.4.3.** Kādu ieguvumu no šīm attiecībām iegūst katra suga? [0.5 p.]

Baktērijas: . Kalmārs:



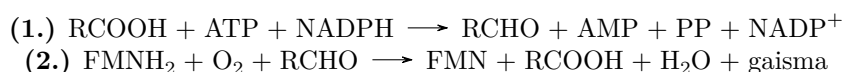
Att. IV.9: Shēma, kas attēlo kalmāra un baktērijas sadzīvi.

**Jautājums IV.4.4.** *Aliivibrio fischeri* atrodas kalmāra gaismas orgānā (IV.9. att.). Kurā pusē jāatrodas šim orgānam, lai pasargātu kalmāru no plēsējiem? Paskaidro! [0.75 p.]

Tajā, kas vērsta uz debesīm ☐ / jūras dibenu ☐.

**Jautājums IV.4.5.** *Aliivibrio fischeri* gaismas intensitāti kalmāra gaismas orgānā ietekmē diennakts ritms. Kā atšķiras kalmāra luminiscences intensitāte dienā un naktī? [0.5 p.]

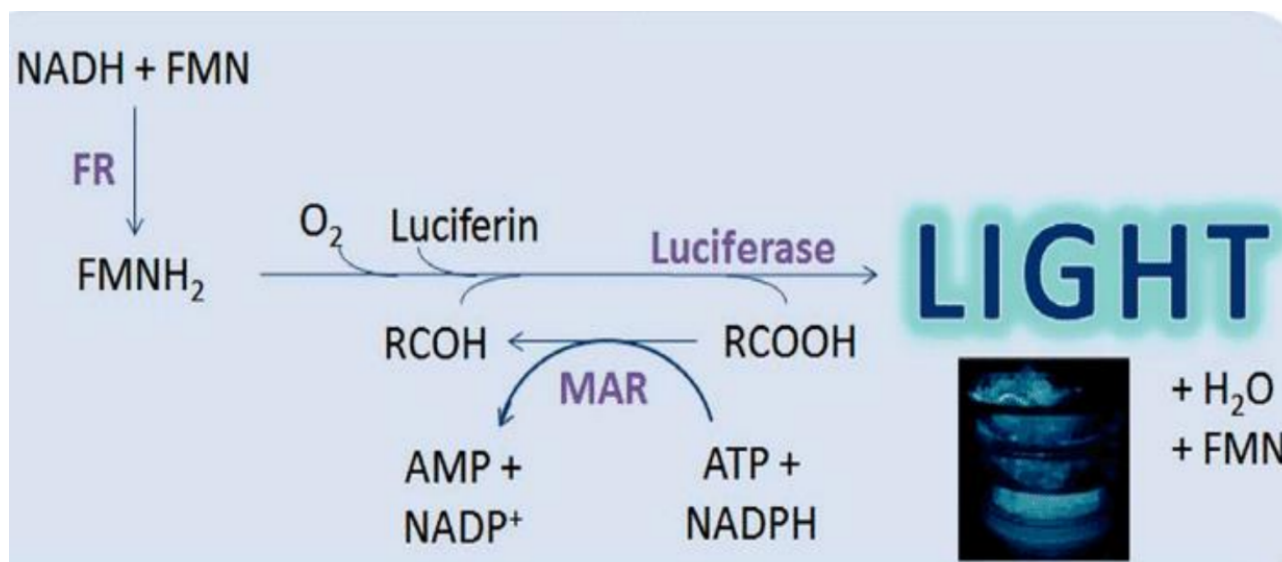
Vispārīgais bioluminiscences mehānisms iekļauj luciferīna oksidāciju skābekļa klātbūtnē. Šo reakciju katalizē enzīms luciferāze. Šādas reakcijas raksturīgas daudzveidīgiem organismiem, kā baktērijām, kukaiņiem un dinofītaļģēm. Tomēr pastāv atšķirības starp dažādu organismu luciferīna-luciferāzes sistēmām. Dotas 2 nozīmīgas reakcijas bioluminiscences īstenošanā baktērijās.





**Jautājums IV.4.6.** Pabeidz doto tabulu, izrakstot molekulas apzīmējumu vai tās atšifrējumu! [1 p.]

| Molekulas apzīmējums no reakcijām | Atšifrējums                   |
|-----------------------------------|-------------------------------|
| O <sub>2</sub>                    |                               |
| ATP                               |                               |
|                                   | Alifātisks aldehīds           |
|                                   | Reducēts flavīna mononukleīds |
|                                   | Taukskābe                     |



Att. IV.10: Ķīmisko reakciju virkne, kas nodrošina bioluminiscenci baktērijās. Enzīmi rakstīti treknrakstā.

**Jautājums IV.4.7.** Kādēļ gaismas producēšanai nepieciešama reakcija (1)? [0.5 p.]

**Jautājums IV.4.8.** Kā mainās skābekļa līmenis ūdenī no kolonijas augšanas sākuma punkta līdz brīdim, kad attiecības starp to un kalmāru ir pilnveidojušās? [0.5 p.]

Uzzinot, ka baktērijas – organismi, aptuveni 5 μm lielumā – spēj spīdēt, rodas jautājums par to, kā viņu veidoto gaismu ir iespējams redzēt ar neapbruņotu aci. To spīdēšana ir ievērojama, tikai ja tās visas spīd vienlaikus. Taču, kā katra baktērija var zināt, kad spīdēt un kad ne? Šī neparastā iemesla dēļ, tām ir radusies sava veida komunikācija. Viena no galvenajām sistēmām, kas kontrolē bioluminiscenci *Aliivibrio fischeri* ir “kvoruma uztveršana” (angliski ‘quorum sensing’). Šī sistēma ir izplatīta daudzās baktēriju sugās, un tā regulē gēnu ekspresiju atkarībā no baktēriju koncentrācijas. Kvoruma uztveršana strādā, izmantojot nelielas organiskas molekulas (autoinducētāja) producēšanu. Individuālas šūnas izdala šo molekulu. Tiklīdz baktēriju populācija palielinās, autoinducētāju koncentrācija arī palielinās, un baktēriju šūnas var reaģēt uz šo signālu. Kvoruma uztveršana atļauj baktēriju šūnām komunicēt savā starpā un koordinēt to uzvedību, piemēram, kolektīvu luminiscenci. Tāpat arī daļa baktēriju sugu izmanto kvoruma uztveršanu, lai veidotu bioplēves un regulētu saimniekorganisma invāziju (patogēno baktēriju gadījumā).

**Jautājums IV.4.9.** Izmantojot dotos datus no baktēriju kolonijas analīzes, aizpildi tukšo kolonnu un uzzīmē grafiku “Aliivibrio fischeri specifiskās luminiscences atkarība no optiskā blīvuma”! Pieraksti asu nosaukumus un mērogu! Izmanto milimetru papīru [3 p.]

Ja vēlies, vari izmantot logaritmisko skalu. (Optiskais blīvums atspoguļo materiāla/šķīduma spēju absorbēt tam caurstarotu gaismu. Skaitlis pēc OD, optical density, norāda uz gaismas viļņa garumu. Šajā gadījumā izmantota oranžā gaisma.)

| OD <sub>600</sub> | $I$     | $L = \text{OD}_{600}/I$ |
|-------------------|---------|-------------------------|
| 0,00              | 0       |                         |
| 0,07              | 0       |                         |
| 0,15              | 0       |                         |
| 0,26              | 39      |                         |
| 0,50              | 550     |                         |
| 0,72              | 2880    |                         |
| 0,90              | 90000   |                         |
| 1,10              | 770000  |                         |
| 1,55              | 1380000 |                         |
| 2,07              | 2277000 |                         |
| 2,80              | 3360000 |                         |
| 3,23              | 3880000 |                         |

Tabula IV.2: Aliivibrio fischeri optiskās absorbcijas un luminiscences dati. OD<sub>600</sub> — optiskais blīvums;  $I$  — luminiscences intensitāte relatīvajās gaismas vienībās;  $L$  — specifiskā luminiscence.

**Jautājums IV.4.10.** Izmantojot iegūto grafiku, nosaki, aptuveni pie kāda baktēriju optiskā blīvuma kalmārs sāk redzami spīdēt, pieņemot, ka tas notiek, kad specifiskā luminiscence ir 500000 relatīvās vienības! [1 p.]

$$\text{OD}_{600}^{\text{spīdēšanas}} = \boxed{\phantom{000000}}$$

**Jautājums IV.4.11.** Ko konkrēti šajā gadījumā atspoguļo optiskais blīvums? Paskaidro, kāpēc pastāv sakarība starp šiem lielumiem! [0.75 p.]

**Jautājums IV.4.12.** Kāpēc, veidojot grafiku, noderīgāk izmantot specifisko luminiscenci, nevis luminiscences intensitāti? [0.75 p.]

**Jautājums IV.4.13.** Kāpēc Aliivibrio fischeri ir nepieciešama kvoruma uztveršana, jeb kādēļ šo baktēriju bioluminiscencei ir vajadzīgs būt atkarīgai no populācijas izmēra? [1 p.]





## UZDEVUMS

### V

# ATŠIFRĒ SUGU [25 p.]

## Ievads

Varbūt dažiem jau no pagājušā gada uzdevumiem ir pieredze ar šifrētajām sugām, bet rekur 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! Skan vienkārši, bet tad redzēsīm cik tas tiešām tā ir; raksturotās sugas gan parastam vidusskolēnam, gan pieaugušajam *būtu jāzin*; atminēt gan ir cits stāsts...

Vairākos aprakstos tiek raksturotas vēl citas sugas, kas tiks apzīmētas ar **Y**, **Z**, **W**, u.tml. Par šīm sugām var būt papildjautājumi (ieskaitot: “Kas ir suga **Y**?”), bet ievēro, ka no apraksta ir jāatšifrē suga **X**. Var tikt arī raksturotas vielas, indivīda daļas vai arī jebkas cits, kas arī tiks apzīmēts ar burtiem treknrakstā — **A**, **B**, **C**, **M**, **N**, utt.

Sugu nosaukumus atļauts ievadīt latviski, angļiski un latīniski. Izņemot, ja apraksts raksturo ļoti specifisku sugu, sugas nosaukumu drīkst ierakstīt kā vienu vārdu, piemēram, “**X** — egle”. Gadījumā, ja prasa specifisku sugu, tad par viena vārda atbildi tiks iegūta puse no maksimālajiem punktiem.

Ir liela iespēja, ka daļa no jums zin 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 pareiza 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.

**Piezīme: Ja suga NAV pareizi atšifrēta, tad par papildjautājumiem maksimums var saņemt 50% no maksimālajiem iegūstamajiem punktiem!** Proti, jautājumā ar nepareizi ierakstītu sugu (vai arī neierakstītu) pēc rakstītās skalas iegūtos punktus par papildjautājumiem dala ar divi.

**Labu veiksmi un lai Jūsu daudzpusīgās bioloģijas zināšanas lieti noder — iesakām pildīt visai komandai kopā!**

## V.1 Ar basām kājām jūriņā [4.5 p.]

Suga **X** pieder dzīvnieku klasei; tās indivīdi dzīvo jūrā, ieskaitot Baltijas jūru. Sugas **X** indivīdi lielākoties pārtiek no zivīm, kuras pirms satveršanas mutē tie jūt ar vairāk nekā 3 cm gariem matiņveida maņas orgāniem tuvu to mutei. Suga **X** ir siltasiņu; tās indivīdi pielāgojuma aukstajam jūras ūdenim dēļ tie ir ļoti kalorijām bagāti — vielu **A** dēļ; sugai **X** ļoti līdzīga suga **Y** spēj dzīvot ziemeļpola ūdeņos un tās indivīdi ir polārlāču galvenais barības avots. Sugas **X** indivīdu mazuļi pavasarī sastopami Latvijas pludmalēs, atkal sugas **Y** mazuļi atrodas virs ledus un tiek ierakti zem sniega polāro ledus apgabalā, lai tos pasargātu no polārlāču uzbrukumiem.

**Jautājums V.1.1.** Kas ir suga **X**? Iespējamās vairākas pareizās atbildes; arī pietiek ar viena vārda atbildi. [1 p.]

**Jautājums V.1.2.** Kāda ir atšķirība sugu **X** un **Y** anatomijā/fizioloģijā? [0.5 p.]

**Jautājums V.1.3.** Kādam tipam pieder sugas **X** un **Y**? [0.5 p.]

Kādam apakštipam? [0.5 p.]

**Jautājums V.1.4.** Kas ir vielas **A**? [0.5 p.]

**Jautājums V.1.5.** Baltijas jūrā ir sastopamas trīs sugas (ieskaitot **X**, ja norādīji precīzu sugu), kas savstarpēji ir ļoti līdzīgas sugām **X** un **Y**! Nosauc visas trīs šīs sugas! Raksti pilnus nosaukumus! [1.5 p.]

## V.2 “Mildiņ, uztaiši man tējiņ’ ar mediņ’!” [1.5 p.]

Suga **X** ārstniecībā tiek lietota kā pretklepus līdzeklis. Šīs sugas indivīdu ķermenis lielākoties sastāv no polisaharīda lihenīna (angl. *lichenin*), kas sastāv no glikozes. Suga **X** kalpo kā ļoti svarīgs barības avots ziemeļbriežiem un aļņiem. Suga **X** spēj pati veidot barības vielas.

**Jautājums V.2.1.** Kas ir suga **X**? Par viena vārda atbildi puse no punktiem. [1 p.]

**Jautājums V.2.2.** Uzzīmē mazu zīmējumu ar sugas **X** indivīdu un zīmējumā ar bultiņām norādi tā sastāvdaļas! [0.5 p.]

## V.3 Tāds skaistums, bet es ģībstu no karstuma [1.5 p.]

Suga **X** ir augs. Tā dabiski ir sastopama karstos klimatos, kur tā ir pielāgojusies ilgiem sausuma periodiem, uzkrājot ūdeni. Šīs sugas indivīdus bieži vien Latvijā audzē lielā podā, kur tie var sasniegt viena metra augstumu un platumu (platumu — tuvu augsnei). Dabā šī suga var arī ziedēt, veidojot apaļu sulīgu kātu, kas stiepjas vai nu vertikāli augšup, vai arī sāniski un tad ieliecas vertikāli, uz kura vertikāli augšup vērstās daļas veidojas ļoti daudz ziedu, kas piestiprināti pie kāta; to ziedlapiņas mēdz būt dzeltenas, oranžīgas vai arī burvīgi piesātinātā koši sarkanā krāsā — visa ziedkopa sastāv no 20 līdz pāri 100 ziediem un veido burvīgu skatu. Šai sugai īsti nevar atdalīt stublāju no lapām. Šī suga satur divus galvenos pielāgojumus pret apēšanu, kas ir dzeloņveidīgai epidermas izaugumi uz auga zaļās daļas, kā arī toksisku vielu zem tās epidermas ar dzeltenu krāsojumu — šī viela ir stiprs laksatīvs. Šīs sugas lapas var lietot uzturā pēc rūpīgas dzeltenās vielas nomazgāšanas.

**Jautājums V.3.1.** Kas ir suga **X**? Pietiek ar viena vārda atbildi. [1 p.]

**Jautājums V.3.2.** Nosauc divus veidus kā šo sugu izmanto mūsdienās. [0.5 p.]

## V.4 Fuj! kur tik rūgts! [1.5 p.]

Suga **X** ir augs. Šīs sugas auglis **M** ir rieksts ar īpatnēji rūgtu garšu, ko nereti izmanto uzturā; šis auglis sastāv no divām daļām — divas apsegtas dīgļlapas, veidojot ieapaļu formu, un raupjas tekstūras struktūra, kas no viena pola apsedz ieapaļu formu un ir savienota ar zaru. Pilnībā izaugušu šo augu ļoti bieži cenšas atveidot *Bonsai* (miniatūrveidīgi augi) meistari tā apburošā skaistuma dēļ. Šis ir daudzgadīgs augs, kas spēj augt cauri gadsimtu mijām. Tā lapas ir Latvijā daudzskārtēji izmantots simbols.

**Jautājums V.4.1.** Kas ir suga **X**? Pietiek ar viena vārda atbildi. [1 p.]

**Jautājums V.4.2.** Kā sauc augli **M**? [0.5 p.]

## V.5 Ak! kāds tur mazulītis vizinās [2.5 p.]

Suga **X** ir protists. Šī suga barojas ar baktērijām sugas **X** indivīdam aktīvi peldot līdz baktērijai un ar orgāniem **M** veidojot šķīduma plūsmu, lai baktēriju virzītu mutes virzienā, kur to satver, veidojot gremošanas vakuolu. Šīs sugas indivīdiem ir labi izšķirama ķermeņa galvenā ass, kuras vienā galā ķermeņa forma ir asi sašaurināta. Sugas **X** indivīdiem ir specifisks zvaigžņveida orgāns, ar kura palīdzību iespējams izvadīt ūdeni ārpus citoplazmas. Šis bija viens no pirmajiem atklātajiem saldūdens protistiem.

**Jautājums V.5.1.** Kas ir suga **X**? Pietiek ar viena vārda atbildi. [1 p.]

**Jautājums V.5.2.** Kā sauc orgānus **M**? [0.5 p.]

**Jautājums V.5.3.** Uzzīmē šīs sugas indivīdu un norādi tā sastāvdaļas. [1 p.]

## V.6 Ar skatu uz dzīvi otrādi [3 p.]

Suga **X** ir siltasiņu dzīvnieks. Taizemē un Mjanmārā eksistē ļoti specifiska reta un apdraudēta radniecīga suga **Y**, kuras izmērs ir 3 cm — vismazākā šāda suga (kas ir līdzīga **X**) pasaulē. Suga **X** ir īpaša ar to, ka tās evolūcija ir ļoti saistīta ar kādas citas sugas **Z** evolūciju; sugas **Z** pieaudzis īpatnis ir pūkains lidojošs kukainis, kas attīstījies ar metamorfozi, un to satverot ar pirkstiem, pirksti paliek noklāti ar kādas vielas kārtiņu ar metālisku spīdumu. Proti, sugai **Z** iegūstot kādu pielāgojumu, lai tā būtu labāk pasargāta tikšanai nomedītai sugas **X** dēļ (mednieks), rezultātā suga **X** atkal iegūst pielāgojumu, lai labāk spētu nomedīt sugas **Z** indivīdu; sugas **Z** pielāgojumi parasti ir saistīti ar labāku kamuflāžu vai arī īpašiem mehānismiem, kas noslogo sugas **X** spēju noteikt sugas **Z** lokāciju telpā lidošanas laikā. Šo evolucionāro koevolūcijas deju raksturo Sarkanās Karalienes Hipotēze (nosaukta pēc Alises Brīnumzemē). Sugai **X** ir apmatojums un noteiktā ķermeņa daļā satur membrānveidīgu uropatāģiju, kas savieno cietas ķermeņa daļas.

**Jautājums V.6.1.** Kas ir suga **X**? Pietiek ar viena vārda atbildi. [1 p.]

**Jautājums V.6.2.** Kas ir suga **Z**? Pietiek ar viena vārda atbildi. [0.5 p.]

**Jautājums V.6.3.** Kāda kukaiņu kārtai pieder suga **Z**? [0.25 p.]

**Jautājums V.6.4.** Suga **Y** ir īpaša ar to, ka tā ir pasaules mazākais (kas? Neder “**X**” ģenitīvā.) [0.25 p.]

**Jautājums V.6.5.** Izskaidro Sarkanās Karalienes Hipotēzi! [1 p.]**V.7 Astoņas kājas mani sabiedēja līdz šokam [2.5 p.]**

Suga **X** ir dzīvnieks ar astoņām kājām. Šai sugai ir dūrējsūcējtipa mutes orgāns. Šī suga attīstās nepilnīgo pārvēršanos, kur kāpuram nav ceturtā kāju pāra. Sugai **X** radniecīgas sugas cilvēkos izraisa demodekozi (ādas iekaisums), dermatītu, žurku izsitumu tifu. Suga **X** ir bieži sastopama iekšējās un var izraisīt dermatofagoidozi — akariāzi, kas izraisa alerģisku reakciju. Sugu **X** medī sudrabainā zvīņene (*Lepisma saccharinum*, angl. *silverfish*).

**Jautājums V.7.1.** Kas ir suga **X**? Par viena vārda atbildi pus punkti. [1 p.]

**Jautājums V.7.2.** Sugai **X** radniecīga suga/-s var nodot cilvēkam vairākas bīstamas slimības. Nosauc trīs šādas slimības! [1.5 p.] **Bonusā 1 punkts**, ja nosauksi vismaz piecas!

**V.8 Viss nu gan ir sagājis auzās [2.5 p.]**

Polifilētiskai grupai **X** piederošas sugas ir heterotrofās; atsevišķas sugas ir ļoti specifiskas. Sugas **X** dzīves cikls sākas no sporas; pēc noteikta laika vairākas halploīdas šūnas saplūst zigotā; gan haploīds, gan diploīds sugas **X** indivīds var veidot sporangijus. Suga **X** ir īpaša ar to, ka tās uzvedībā var novērot primitīvu neirālo tīklu un tā tiek izmantota labirintu navigācijas un mācīšanās eksperimentos, kur tā ir nereti ļoti sekmīga. Sporangiji bieži vien ir košās krāsās atkarībā no precīzas sugas un var būt gan nūjiņas formā, gan ieapaļi.

**Jautājums V.8.1.** Kas ir polifilētiskā grupa **X**? Ir tieši viena vārda atbilde. [1 p.]

**Bonusā 1 punkts**, ja vari nosaukt specifisku sugu, kas atbilst **X**!

**Jautājums V.8.2.** Kas ir barības vielu substrāts, ko tipiski izmanto sugas **X** domātspejas pētījumos?

[0.5 p.]

**Jautājums V.8.3.** Kādos apstākļos parasti suga **X** veido augļķermenīšus? Paskaidro kādēļ! [1 p.]

**V.9 Vēja ātrumā iekāpu kakā [3 p.]**

Suga **X** ir zīdītājs. Sugas **X** indivīds tiek dēvēts par superorganismu tā mutuālisma ar citu organismu kladi **Y** tādēļ, ka suga **X** savā ķermenī satur **Y** vai arī otrādi — **Y** satur ķermenī **X**; viena suga īsti nevar izdzīvot bez otras. Sugas **X** zobu sastāvs augšžoklī un apakšžoklī ir vienāds un sastāv no 3 pāriem incīzīvu, 1 pāri kanīnu, 3 pāriem premolāru un 3 pāriem molāru; ir ļoti izteikta smaganu atstarpe starp kanīniem un premolāriem. Šāda izteikta atstarpe ir arī samērā līdzīgai (ne izskata ziņā) sugai **Z**, kuras feces ir ļoti svarīgas mēslu vaboles dzīves ciklā, un bieži ir zaļā krāsā, kas gaisa klātbūtnē oksidējas par tumši brūnu vai melnu; šīs feces mēdz būt ar iešķidru konsistenci un virs cilvēka pēdas izmēra. Atkal **X** fecēm ir noteikta forma **M**. Sugas **X** īpatņi ir daudz mazāk aptaukojušies (nereti liesi ar izspiedušamies **N** veida muskuļaudiem) nekā sugas **Z**. Sugai **X** ausis ir daudz īsākas par seju.

- Jautājums V.9.1.** Kas ir suga **X**? Pietiek ar viena vārda atbildi. [1 p.]
- Jautājums V.9.2.** Kas ir sistemātiskā klade **Y**? [0.5 p.]
- Jautājums V.9.3.** Kas ir suga **Z**? [0.5 p.]
- Jautājums V.9.4.** Kāda forma ir **M**? [0.5 p.]
- Jautājums V.9.5.** Kāda veida muskuļaudi ir **N**? [0.5 p.]

## V.10 Dosimies nu ilgajā ceļā kāpās [2.5 p.]

**Brīdinājums: Specifiska suga.** Suga **X** ir smilšainu augsni mīlošs augs. Šī auga lapas ir raupjas un izturīgas, ieliekas formas ar ļoti asu malu, kas var ādā iegriezt līdz asinīm, kā tipiski **M** dzimtas augiem. Šo sugu gandrīz vienmēr var sastapt, dodoties atpūsties uz smilšainu pludmali. Šī auga ziedkopa ir vārpa. Suga **X** var gan būt kā atsevišķi 10–30 cm gari indivīdi, gan arī, sastāvot kupli no daudziem indivīdiem ciešā veidā, vairāk nekā metra augstumu. Latviskais nosaukums liek atsauci uz augšanas vietu abos vārdos; otrais vārds satur noteikta miltu veida nosaukumu saliktenī kā izskaņas puses vārdu. Angliskais nosaukums sastāv no diviem vārdiem, kur pirmais vārds ir vienāds ar kādas slimības nosaukumu, kuras rezultātā veidojas riņķveida raksts uz ādas; atkal otrais vārds sastāv no dzimtas nosaukuma latviski vārda daļas tulkojumā. Latīniski zinātniskais nosaukuma pirmais vārds ir kāda varoņa Harijā Poterā vārds angļiski, kurā R→L un vārda vidū ievietots Y, bet otrais vārds ir vienāds ar kādas cikadejas (pirmais vārds *Encephalartos*) nosaukuma otro vārdu un ir cēlies no senās Romas vārda arēnai (cikadeja arī atgādina arēnu).

**Jautājums V.10.1.** Kas ir suga **X**? Pieņemts tikai divu vārdu nosaukums. [1 p.]

**Jautājums V.10.2.** Nosauc sugas **X** taksonomiju: [1.5 p.]

|                 |                      |
|-----------------|----------------------|
| Valsts          | <input type="text"/> |
| Nodalījums      | <input type="text"/> |
| Klase           | <input type="text"/> |
| Rinda           | <input type="text"/> |
| Dzimta <b>M</b> | <input type="text"/> |
| Ģints           | <input type="text"/> |



## UZDEVUMS

### VI

# LABORATORIJAS DARBS: AUGĻI UN TO UZBŪVE [50 p.]

## VI.1 Ko tad mēs īsti ēdam? [12 p.]

Rieksti ir sausi augļi, kuriem parasti ir cieta ārējā čaula, zem kuras atrodas viena sēkla, taču ikdienā par riekstiem mēdz dēvēt arī augļus, kuri pēc zinātniska iedalījuma nav rieksti.

**Jautājums VI.1.1.** Izmantojot 1. pielikumu, papildini tabulu par augļu daļām, kas parasti tiek sauktas par riekstiem! [9 p.]

| “Rieksts”          | Šis “rieksts” nāk no augļa, kas ir...<br>(1) — sauss / (2) — sulīgs. | No kāda veida augļa nāk šis “rieksts”? | Kuru augļa daļu mēs ēdam? |
|--------------------|----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|---------------------------|
| Pistācija          | <input type="checkbox"/>                                             |                                        |                           |
| Lazdu rieksts      | <input type="checkbox"/>                                             |                                        |                           |
| Mandele            | <input type="checkbox"/>                                             |                                        |                           |
| Valrieksts         | <input type="checkbox"/>                                             |                                        |                           |
| Zemesrieksts       | <input type="checkbox"/>                                             |                                        |                           |
| Brazīlijas rieksts | <input type="checkbox"/>                                             |                                        |                           |

**Jautājums VI.1.2.** Nosauc kādu citu rieksta piemēru, kas nav minēts jautājumā 1.1.! [3 p.]

## VI.2 Kas ābolam vēderā? [12 p.]

Lai gan ābols ir viens no populārākajiem augļu piemēriem, tas nemaz nav īsts auglis. Patiesībā ābols ir neīsts auglis, jo tā ārejo daļu veido zieda apakšējās daļas paplašinājums, kur kopā saaudzis apziednis un putekšņlapas.

**Jautājums VI.2.1.** Pārgriez ābolu perpendikulāri tā asij un ar adatiņām atzīmē tajā epikarpu, mezokarpu un endokarpu. (1 — epikarps, 2 — mezokarps un 3 — endokarps) [8 p.]

| AIZPILDA LABOTĀJS  |             |                 |
|--------------------|-------------|-----------------|
| Struktūra          | Max. punkti | Saņemtie punkti |
| Pareizi pārgriezts | 2           |                 |
| Epikarps           | 2           |                 |
| Mezokarps          | 2           |                 |
| Endokarps          | 2           |                 |
| Labotāja paraksts: |             |                 |

**Jautājums VI.2.2.** Nosauc vēl divus piemērus augļiem, kuri ir āboli! [4 p.]

### VI.3 Kaimiņu dārzā āboli lielāki [26 p.]

Biostatistika ir dažādu datu analīzes metožu pielietojums dzīvās dabas pētīšanai, lai no datiem varētu izdarīt saprotamus secinājumus. Izmantojot bioinformātikas palīdzību, Milda vēlējas salīdzināt ābolus, ko ievākusi divos dažādos dārzos un salīdzināt, vai starp to diametriem pastāv statistiski nozīmīga atšķirība. Viņas gadījumā jāveic t-tests.

**Jautājums VI.3.1.** Izmēri 2. un 3. pielikumā doto ābolu diametrus: Piemājas dārzā ievāktā ābolu diametrs  $x_{\text{piem}}$  un kaimiņu dārzā ievāktā ābolu diametrs  $x_{\text{kaim}}$  un datus reģistrē tabulā! Katru vērtību kāpini kvadrātā (proti,  $x_{\text{piem}}^2$  un  $x_{\text{kaim}}^2$ ) un pieraksti rezultātu. [4 p.] Pēdējo rindu (vid.) aizpildīsi nākamajā jautājumā.

| Nr.  | $x_{\text{piem}}$ | $x_{\text{piem}}^2$ | $x_{\text{kaim}}$ | $x_{\text{kaim}}^2$ |
|------|-------------------|---------------------|-------------------|---------------------|
| 1.   |                   |                     |                   |                     |
| 2.   |                   |                     |                   |                     |
| 3.   |                   |                     |                   |                     |
| 4.   |                   |                     |                   |                     |
| 5.   |                   |                     |                   |                     |
| 6.   |                   |                     |                   |                     |
| 7.   |                   |                     |                   |                     |
| 8.   |                   |                     |                   |                     |
| 9.   |                   |                     |                   |                     |
| 10.  |                   |                     |                   |                     |
| vid. |                   |                     |                   |                     |

Nākamais solis, lai veiktu t-testu ir aprēķināt katras datu kopas standartnovirzi. Standartnovirze parāda, cik izkļiedēti ir dati. Lai to aprēķinātu ir jāaprēķina vērtības (piem.,  $x_{\text{piem}}$ ) un vērtības kvadrātā (piem.,  $x_{\text{piem}}^2$ ) vidējās vērtības, ko apzīmēsim ar  $\bar{x}_{\text{piem}}$  un  $\overline{x_{\text{piem}}^2}$  piemājas āboliem un  $\bar{x}_{\text{kaim}}$  un  $\overline{x_{\text{kaim}}^2}$  kaimiņu mājas āboliem.

Ja kopā ir  $n$  mērījumi, tad vidējā vērtība būs

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (\text{VI.1})$$

un vidējā vērtība no kvadrātiem

$$\overline{x^2} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i^2 \quad (\text{VI.2})$$

kur simbols  $\sum_{i=1}^n$  norāda summu sākot ar  $x_1$  un beidzot ar  $x_n$ , proti,  $\sum_{i=1}^n x_i = x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n$ .



Standartnovirzi  $s$  var aprēķināt pēc formulas

$$s = \sqrt{\frac{n}{n-1} (\overline{x^2} - (\bar{x})^2)} \quad (\text{VI.3})$$

proti, kur no vidējās vērtības no kvadrātiem  $\overline{x^2}$  atņem parasto vidējo vērtību kāpinātu kvadrātā  $(\bar{x})^2$ .

**Jautājums VI.3.2.** Aprēķini vidējās vērtības un vidējās vērtības no kvadrātiem un ieraksti tabulā iepriekšējā jautājumā “vid.” ailē zem attiecīgās kolonnas; piemēram, vidējo starp piemājas āboliem  $\overline{x_{\text{piem}}}$  ieraksti ailē “vid.” kolonnā  $x_{\text{piem}}$ . [4 p.]

**Jautājums VI.3.3.** Aprēķini abu ievāktu ābolu diametru standartnovirzes  $s_{\text{piem}}$  un  $s_{\text{kaim}}$ ! [4 p.]

|  |  |
|--|--|
|  |  |
|--|--|

Nākamais solis  $t$ -testa veikšanai ir aprēķināt  $t$  vērtību

$$t = \frac{|\overline{x_{\text{piem}}} - \overline{x_{\text{kaim}}}|}{s_{\Delta}} \quad (\text{VI.4})$$

kur  $s_{\Delta}$  aprēķina kā

$$s_{\Delta} = \sqrt{\frac{s_{\text{piem}}^2}{n_{\text{piem}}} + \frac{s_{\text{kaim}}^2}{n_{\text{kaim}}}} \quad (\text{VI.5})$$

kur atkal  $n_{\text{piem}}$  ir ābolu skaits piemājas sētā un  $n_{\text{kaim}}$  — kaimiņu.

**Jautājums VI.3.4.** Aprēķini  $s_{\Delta}$  un tad  $t$  vērtību! [4 p.]

|  |  |
|--|--|
|  |  |
|--|--|

Kad  $t$  vērtība ir aprēķināta, atlicis tikai aprēķināt  $t$ -testa brīvības pakāpi, ko aprēķina pēc formulas  $df = n - 1$ , tā kā  $t$ -testā tiek salīdzinātas divas datu kopas, lai iegūtu pareizu rezultātu, svarīgi brīvības pakāpes saskaitīt kopā.

**Jautājums VI.3.5.** Palīdzi Mildai aprēķināt viņas  $t$ -testa brīvības pakāpi! [2 p.]

|  |  |
|--|--|
|  |  |
|--|--|

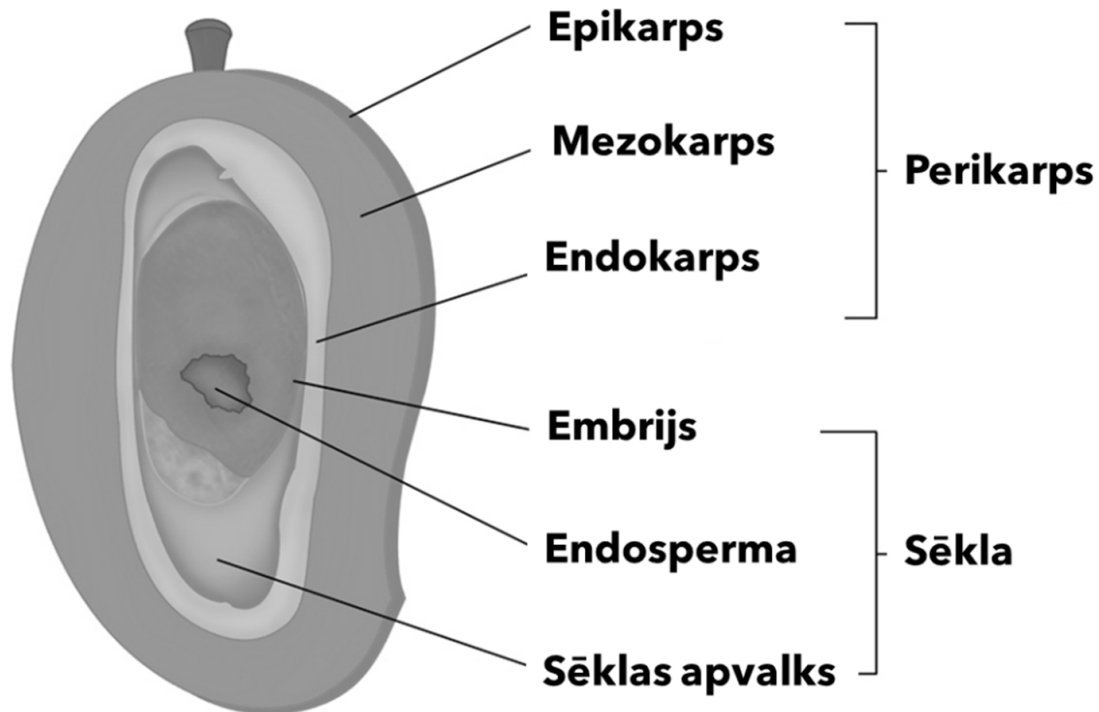
Pēdējais solis  $t$ -testa veikšanā ir, izmantojot  $t$  vērtību tabulu, noteikt  $p$  vērtību, kas skaitliski raksturo varbūtību, ka atšķirība starp datu kopām ir nejauša.

**Jautājums VI.3.6.** Nosaki varbūtību, ka piemājas un kaimiņu dārzā ievāktu ābolu diametru atšķirība ir nejauša! [2 p.]

**Jautājums VI.3.7.** Kādi varētu būt iemesli šai atšķirībai, mini trīs iemeslus! [6 p.]

## 1. Pielikums. Augļa uzbūve un augļu veidi

# AUGĻA UZBŪVE



ScienceFacts.net



RIEKSTIŅŠ



ĀBOLS



OGA



KAULENIS



POGAĻA



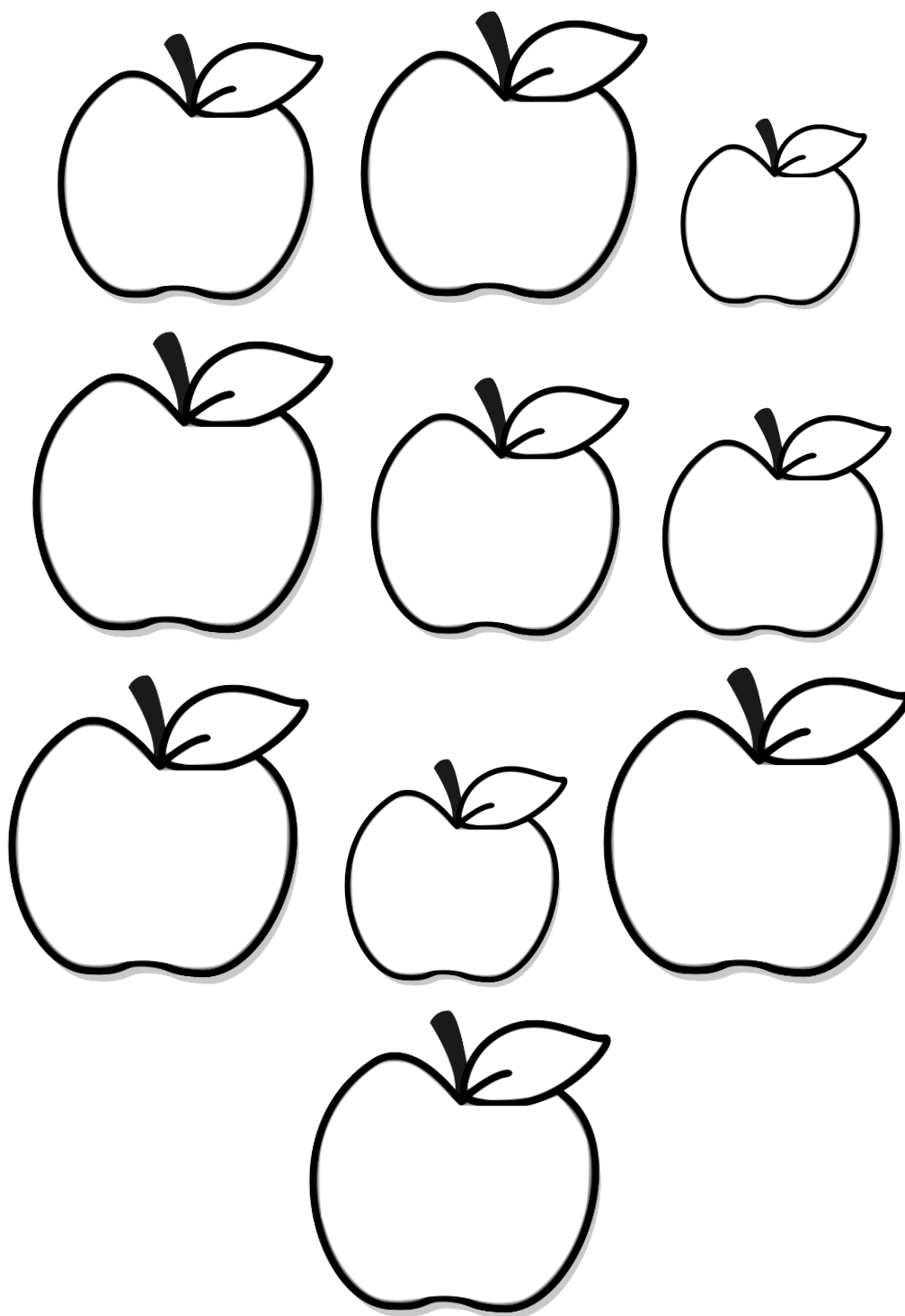
HESPIRĪDS

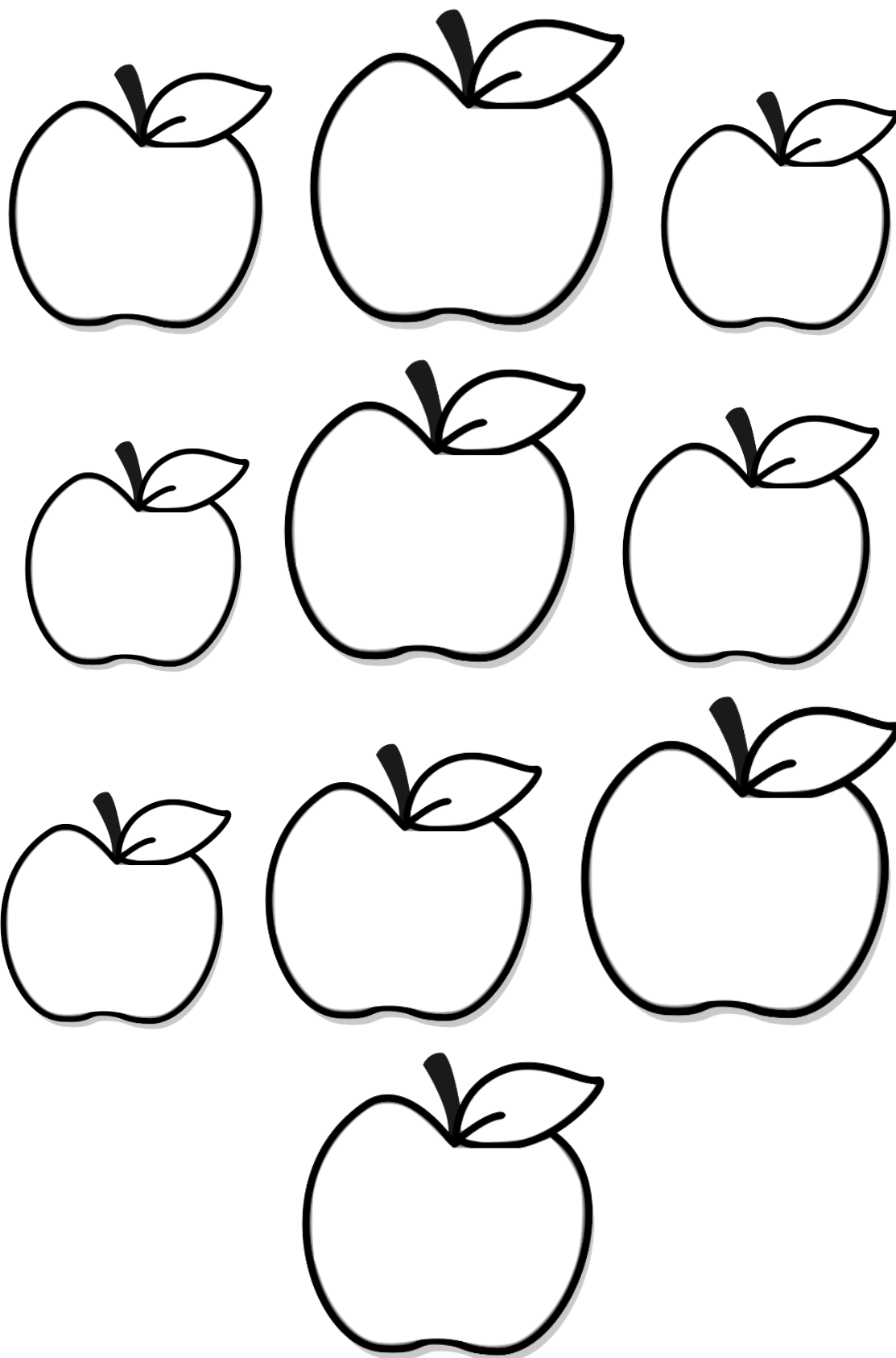


RIEKSTS



PĀKSTS

**2. Pielikums. Piemājas dārzā ievāktie āboli.**

**3. Pielikums. Kaimiņu dārzā ievāktie āboli**

4. Pielikums.  $t$ -testa rezultātu novērtēšanas tabula

| df | $p$ vērtība |       |       |       |       |       |       |       |       |        |        |
|----|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|
|    | 1           | 0.5   | 0.4   | 0.3   | 0.2   | 0.1   | 0.05  | 0.02  | 0.01  | 0.002  | 0.001  |
| 1  | 0           | 1     | 1.376 | 1.963 | 3.078 | 6.314 | 12.71 | 31.82 | 63.66 | 318.31 | 636.62 |
| 2  | 0           | 0.816 | 1.061 | 1.386 | 1.886 | 2.92  | 4.303 | 6.965 | 9.925 | 22.327 | 31.599 |
| 3  | 0           | 0.765 | 0.978 | 1.25  | 1.638 | 2.353 | 3.182 | 4.541 | 5.841 | 10.215 | 12.924 |
| 4  | 0           | 0.741 | 0.941 | 1.19  | 1.533 | 2.132 | 2.776 | 3.747 | 4.604 | 7.173  | 8.61   |
| 5  | 0           | 0.727 | 0.92  | 1.156 | 1.476 | 2.015 | 2.571 | 3.365 | 4.032 | 5.893  | 6.869  |
| 6  | 0           | 0.718 | 0.906 | 1.134 | 1.44  | 1.943 | 2.447 | 3.143 | 3.707 | 5.208  | 5.959  |
| 7  | 0           | 0.711 | 0.896 | 1.119 | 1.415 | 1.895 | 2.365 | 2.998 | 3.499 | 4.785  | 5.408  |
| 8  | 0           | 0.706 | 0.889 | 1.108 | 1.397 | 1.86  | 2.306 | 2.896 | 3.355 | 4.501  | 5.041  |
| 9  | 0           | 0.703 | 0.883 | 1.1   | 1.383 | 1.833 | 2.262 | 2.821 | 3.25  | 4.297  | 4.781  |
| 10 | 0           | 0.7   | 0.879 | 1.093 | 1.372 | 1.812 | 2.228 | 2.764 | 3.169 | 4.144  | 4.587  |
| 11 | 0           | 0.697 | 0.876 | 1.088 | 1.363 | 1.796 | 2.201 | 2.718 | 3.106 | 4.025  | 4.437  |
| 12 | 0           | 0.695 | 0.873 | 1.083 | 1.356 | 1.782 | 2.179 | 2.681 | 3.055 | 3.93   | 4.318  |
| 13 | 0           | 0.694 | 0.87  | 1.079 | 1.35  | 1.771 | 2.16  | 2.65  | 3.012 | 3.852  | 4.221  |
| 14 | 0           | 0.692 | 0.868 | 1.076 | 1.345 | 1.761 | 2.145 | 2.624 | 2.977 | 3.787  | 4.14   |
| 15 | 0           | 0.691 | 0.866 | 1.074 | 1.341 | 1.753 | 2.131 | 2.602 | 2.947 | 3.733  | 4.073  |
| 16 | 0           | 0.69  | 0.865 | 1.071 | 1.337 | 1.746 | 2.12  | 2.583 | 2.921 | 3.686  | 4.015  |
| 17 | 0           | 0.689 | 0.863 | 1.069 | 1.333 | 1.74  | 2.11  | 2.567 | 2.898 | 3.646  | 3.965  |
| 18 | 0           | 0.688 | 0.862 | 1.067 | 1.33  | 1.734 | 2.101 | 2.552 | 2.878 | 3.61   | 3.922  |
| 19 | 0           | 0.688 | 0.861 | 1.066 | 1.328 | 1.729 | 2.093 | 2.539 | 2.861 | 3.579  | 3.883  |
| 20 | 0           | 0.687 | 0.86  | 1.064 | 1.325 | 1.725 | 2.086 | 2.528 | 2.845 | 3.552  | 3.85   |
| 21 | 0           | 0.686 | 0.859 | 1.063 | 1.323 | 1.721 | 2.08  | 2.518 | 2.831 | 3.527  | 3.819  |
| 22 | 0           | 0.686 | 0.858 | 1.061 | 1.321 | 1.717 | 2.074 | 2.508 | 2.819 | 3.505  | 3.792  |
| 23 | 0           | 0.685 | 0.858 | 1.06  | 1.319 | 1.714 | 2.069 | 2.5   | 2.807 | 3.485  | 3.768  |
| 24 | 0           | 0.685 | 0.857 | 1.059 | 1.318 | 1.711 | 2.064 | 2.492 | 2.797 | 3.467  | 3.745  |
| 25 | 0           | 0.684 | 0.856 | 1.058 | 1.316 | 1.708 | 2.06  | 2.485 | 2.787 | 3.45   | 3.725  |
| 26 | 0           | 0.684 | 0.856 | 1.058 | 1.315 | 1.706 | 2.056 | 2.479 | 2.779 | 3.435  | 3.707  |
| 27 | 0           | 0.684 | 0.855 | 1.057 | 1.314 | 1.703 | 2.052 | 2.473 | 2.771 | 3.421  | 3.69   |
| 28 | 0           | 0.683 | 0.855 | 1.056 | 1.313 | 1.701 | 2.048 | 2.467 | 2.763 | 3.408  | 3.674  |
| 29 | 0           | 0.683 | 0.854 | 1.055 | 1.311 | 1.699 | 2.045 | 2.462 | 2.756 | 3.396  | 3.659  |
| 30 | 0           | 0.683 | 0.854 | 1.055 | 1.31  | 1.697 | 2.042 | 2.457 | 2.75  | 3.385  | 3.646  |

Tabula VI.1: Maksimālās  $t$  vērtības (tabulas iekšējos lauciņos) pie noteiktas  $df$  un izvēlētas  $p$  vērtības.