



Доц. др Борислав Бањац

ЗБИРКА ПИТАЊА И ЗАДАТАКА ИЗ ГЕНЕТИКЕ



УНИВЕРЗИТЕТУ НОВОМ САДУ
ПОЉОПРИВРЕДНИ ФАКУЛТЕТ



ЗБИРКА ПИТАЊА И
ЗАДАТАКА ИЗ ГЕНЕТИКЕ

Доц. др Борислав Бањац

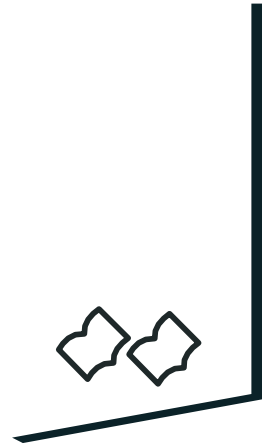
ЕДИЦИЈА ПОМОЋНИ УЏБЕНИК

Оснивач и издавач едиције:
Универзитет у Новом Саду
Пољопривредни факултет Нови Сад
Трг Доситеја Обрадовића 8

Година оснивања
1954.

Главни и одговорни уредник
Проф. др Недељко Тица,
Декан Пољопривредног Факултета Нови Сад

Чланови Комисије за издавачку делатност
др Љиљана Нешић, редовни професор, председник
др Бранислав Влаховић, редовни професор, члан
др Милица Рајић, редовни професор, члан
др Нада Плавша, редовни професор, члан



Доц. др Борислав Бањац

ЗБИРКА ПИТАЊА И ЗАДАТАКА ИЗ ГЕНЕТИКЕ



УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ
ПОЉОПРИВРЕДНИ ФАКУЛТЕТ

НОВИ САД, 2020.

CIP - Каталогизација у публикацији
Библиотеке Матице српске, Нови Сад

575(075.8)(076)

БАЊАЦ, Борислав

Збирка питања и задатака из генетике / Борислав Бањац. -
Нови Сад : Пољопривредни факултет, 2020 (Београд : Донат
граф). - 140 стр. : илустр. ; 30 cm. - (Едиција Помоћни уџбеник)

Тираж 20. - Библиографија.

ISBN 978-86-7520-505-0

а) Генетика - Задаци

COBISS.SR-ID 29593865

Аутор
др Борислав Бањац, доцент

Главни и одговорни уредник
др Недељко Тица, редовни професор,
декан Пољопривредног факултета

Уредник
др Драгана Латковић, ванредни професор,
директор Департмана за ратарство и повртарство

Технички уредник
др Борислав Бањац, доцент

Илустрације
Марко Ђурчић
доц. др Борислав Бањац

Насловна фотографија
Јелена Васин

Рецензенти
др Софија Петровић, редовни професор
др Миодраг Димитријевић, редовни професор

Издавач
Универзитет у Новом Саду,
Пољопривредни Факултет Нови Сад

Забрањено прештампавање и фотокопирање. Сва права задржава издавач.

Штампа
Донат Граф д.о.о., Мике Аласа 52, Београд

Штампање одобрио
Комисија за издавачку делатност, Пољопривредног факултета у Новом Саду

Тираж
20

Место и година штампања
Нови Сад, 2020.

Предговор

Помоћни уџбеник „Збирка питања и задатака из Генетике“ написао сам да бих студентима основних академских студија, друге године новосадског Пољопривредног факултета, смерова за ратарство и повртарство, органску пољопривреду, фитомедицину, хортикултуру, воћарство и виноградарство и агроекологију и заштиту животне средине, омогућио једноставније, али и темељније припремање за полагање обавезних тестова из предмета Генетика и Генетика и генетички ресурси. На тај начин ћемо заједнички да повећамо број бодова у коначној оцени испита из ових предмета. Збирка је подељена на два дела. У првом делу „Питања и задаци“ се налази 358 питања и задатака из области које у потпуности прате план и програм вежби наставних предмета Генетика и Генетика и генетички ресурси. У другом делу „Одговори и решења“ дата су објашњења свих постављених питања и задатака. Многи одговори на питања и решења задатака су дати детаљније него што би студент требало да их да на полагању теста или писаног дела испита, али би требало да им омогући разумевање сложених механизма наслеђивања, који се проучавају у Генетици. Такође, сматрам да ће оваква организација Збирке да подстакне студенте да пре него што прочитају и науче дате одговоре, покушају да одговоре на питања и реше задатке ослањајући се на знања која су добили на предавањима и вежбама из Генетике и Генетике и генетичких ресурса. Рукопис може да буде од користи и студентима мастер и докторских академских студија, који на једном месту могу да пронађу објашњене основне појмове из Генетике, подсети се њихових значења и лакше савладају сложеније проблеме из датих области.

Велику захвалност за подршку и помоћ у објављивању Збирке дугујем предметним професорима предмета Генетика, проф. др Софији Петровић и проф. др Миодрагу Димитријевићу, који су саветима и сугестијама допринели квалитету овог помоћног уџбеника. Такође, веома сам им захвалан и за урађене рецензије рукописа.

У Новом Саду,
октобра 2020.

Доц. др Борислав Бањац

Садржај

I ПИТАЊА И ЗАДАЦИ

1. СТРУКТУРА И ФУНКЦИЈА ГЕНА	1
2. МОРФОЛОГИЈА ХРОМОЗОМА И ЋЕЛИЈСКЕ ДЕОБЕ	5
3. СТВАРАЊЕ И ОДРЕЂИВАЊЕ ГАМЕТА И НЕЗАВИСНО РАЗДВАЈАЊЕ ГЕНА	15
4. ИНТЕРАКЦИЈА ГЕНА И МУЛТИПЛИ АЛЕЛИ	19
5. ОДРЕЂИВАЊЕ ПОЛА И ПОЛНО ВЕЗАНЕ ОСОБИНЕ	23
6. ВЕЗАНИ ГЕНИ И CROSSING OVER	28
7. УДАЉЕНА УКРШТАЊА	31
8. ХРОМОЗОМСКЕ АБЕРАЦИЈЕ И ПОЛИПЛОИДИ	33
9. ВЕЛИКА ПОПУЛАЦИЈА	37
10. ИНБРЕДИНГ	39

II ОДГОВОРИ И РЕШЕЊА

1. СТРУКТУРА И ФУНКЦИЈА ГЕНА	41
2. МОРФОЛОГИЈА ХРОМОЗОМА И ЋЕЛИЈСКЕ ДЕОБЕ:	49
3. СТВАРАЊЕ И ОДРЕЂИВАЊЕ ГАМЕТА И НЕЗАВИСНО РАЗДВАЈАЊЕ ГЕНА	68
4. ИНТЕРАКЦИЈА ГЕНА И МУЛТИПЛИ АЛЕЛИ	75
5. ОДРЕЂИВАЊЕ ПОЛА И ПОЛНО ВЕЗАНЕ ОСОБИНЕ	82
6. ВЕЗАНИ ГЕНИ И CROSSING OVER	93
7. УДАЉЕНА УКРШТАЊА	99
8. ХРОМОЗОМСКЕ АБЕРАЦИЈЕ И ПОЛИПЛОИДИ	105
9. ВЕЛИКА ПОПУЛАЦИЈА	115
10. ИНБРЕДИНГ	122

Прилог 1: Триплети база, кодони иРНК за поједине аминокиселине	126
--	-----

Прилог 2: Питања из Генетике и Генетичких ресурса за самотестирање студената	127
---	-----

СПИСАК КОРИШЋЕНЕ ЛИТЕРАТУРЕ	137
-----------------------------	-----

I ПИТАЊА И ЗАДАЦИ

1. СТРУКТУРА И ФУНКЦИЈА ГЕНА

- 1.1. Наведите три основне градивне јединице молекула ДНК.
- 1.2. Заокружите слово испред тврдњи које описују грађу иРНК.
- а) Има линеарну структуру.
 - б) Специфичан триплет база се назива кодон.
 - в) Урацил никада није присутан у њеној структури.
 - г) Никада не излази из једра.
 - д) Настаје у процесу транскрипције.
- 1.3. Транслација је:
- а) преписивање генетичке информације.
 - б) везивање аминокиселина у полипептидни ланац.
 - в) транспорт аминокиселина.
- 1.4. Транскрипција је процес репликације ДНК ланца, који се образује на основу шифре са иРНК.
- а) Тачно.
 - б) Нетачно.
- 1.5. Прикажите структуру антикодона тРНК који су комплементарни датом иРНК ланцу.
иРНК: GGG-CCA-UUU-CCU
тРНК:
- 1.6. Пиримидинске азотне базе које улазе у састав нуклеотида иРНК су: цитозин, аденин и урацил.
- а) Тачно.
 - б) Нетачно.
- 1.7. Ген је једарна органела која представља скуп наследних информација организама.
- а) Тачно.
 - б) Нетачно.
- 1.8. Наведите основне градивне јединице нуклеотида иРНК.
- 1.9. Гени су по хемијској природи неорганска једињења настала процесом транслације.
- а) Тачно.
 - б) Нетачно.
- 1.10. Како се назива модел по којем се врши репликација ДНК?

1.11. Прикажите транскрипцију сегмента задате ДНК матрице. Напишите и назив молекула који при томе настаје. ДНК матрица: ATG-GTC-CCA-CCC.

1.12. Заокружите слова испред тврдњи које описују грађу нуклеотида.

- а) Рибоза+фосфорна киселина+тимин
- б) Дезоксирибоза+фосфорна киселина+тимин
- в) Дезоксирибоза+фосфорна киселина+урацил
- г) Рибоза+фосфорна киселина+урацил

1.13. Синтеза протеина (транслација) је процес који се дешава у:

- а) митохондријама
- б) једру
- в) рибозомима
- г) хромозому

1.14. Прикажите структуру ланца иРНК који ће препознати наведени антикодони тРНК.

тРНК: ACC, UGU, AAU

1.15. Пуринске азотне базе које улазе у састав нуклеотида тРНК су: аденин, гуанин и урацил.

- а) Тачно.
- б) Нетачно.

1.16. Шта је транскрипција и где се одвија?

1.17. Наведите разлику између нуклеотида и нуклеозида.

1.18. Заокружите слово испред нетачног одговора.

- а) Гени су кончасте органеле једра и носиоци су наследног материјала.
- б) Гени нису кончасте органеле једра, али јесу носиоци наследног материјала.
- в) Гени су носиоци шифре за синтезу протеина.

1.19. Заокружите слово испред тврдњи које описују грађу тРНК.

- а) Нема линеарну структуру.
- б) Специфичан триплет база се назива антикодон.
- в) Учествује у процесу транскрипције.
- г) Никада не излази из једра.
- д) Настаје у процесу транслације.

1.20. Наведите називе пуринских азотних база, које могу да улазе у саставе следећих молекула:

- а) ДНК
- б) иРНК
- в) тРНК

- 1.21. Напишите структуру кодона иРНК који не кодују ни једну аминокиселину.
- 1.22. У којој фази ћелијског циклуса долази до репликације ДНК ланца?
- 1.23. Шта су гени по хемијској структури?
- 1.24. Шта је транслација и где се одвија?
- 1.25. Која је основна улога иРНК?
- 1.26. По слободном избору напишите структуру кода ДНК и њему одговарајућег кодона иРНК.
- 1.27. Протеини су полимери који се састоје од повезаних:
- а) егзона
 - б) аминокиселина
 - в) антикодона
 - г) делова ланца информационе РНК
- 1.28. Прикажите сегмент тРНК који садржи пет антикодона.
- 1.29. Шта су терминални кодони?
- 1.30. Наведите четири врсте РНК.
- 1.31. Прикажите сегмент ланца ДНК који садржи 4 кода.
- 1.32. Која од понуђених тврдњи описује спаривање азотних база у нуклеинским киселинама?
- а) Пиримидинске базе се увек комплементарно спарују са пиримидинским базама.
 - б) Пиримидинске базе се комплементарно спарују са пуринским базама.
 - в) Аденин не може комплементарно да се спари са тиминим или урацилом.
 - г) Гуанин се увек комплементарно везује за аденин.
- 1.33. Дефинишите појам кодон.
- 1.34. Гени су сегменти протеина просечне величине 1000 нуклеотида.
- а) Тачно.
 - б) Нетачно.
- 1.35. По семиконзервативном моделу врши се репликација протеина.
- а) Тачно.
 - б) Нетачно.
- 1.36. Која од наведених структура не улази у састав молекула ДНК?
- а) азотна база

- б) фосфатна група
- в) карбоксилна група
- г) пентозни шећер

1.37. Наведите три хемијске везе које улазе у састав молекула ДНК.

1.38. У већој подјединици рибозома се налазе два места на која тРНК доноси аминокиселине. Та места су:

- а) пептидилно и аминокиселинско
- б) аминокиселинско и аминокиселинско
- в) пептидилно и аминокиселинско

1.39. Која је прва у низу аминокиселина која најчешће улази у састав једног полипептидног ланца?

1.40. Како се назива специфичан редослед нуклеотида молекула ДНК (или РНК неких вируса), који представља функционалну јединицу наследности?

1.41. Одговорите којој нуклеинској киселини одговара дати опис: доноси аминокиселине у рибозом и према својим антикодонима доводи их на одређено место. Величина ове нуклеинске киселине је од 80 до 100 нуклеотида.

1.42. Наведите које пиримидинске азотне базе улазе у састав следећих молекула:

- а) тРНК
- б) иРНК

1.43. Која је основна улога ензима лигаза у процесу саморепродукције ланца ДНК?

1.44. Дефинишите појам „Окасакијев фрагмент“.

1.45. Који ензим прекида водоничне мостове између комплементарних азотних база у двоструком ДНК ланцу?

1.46. На основу распореда азотних база у молекулу ДНК (матрични ланац)

ДНК матрица: AAA - AGA - CAT - AGA - GGA

прикажите:

- а) структуру комплементарног ланца
- б) репликацију
- в) транскрипцију
- г) транслацију
- д) структуру тРНК

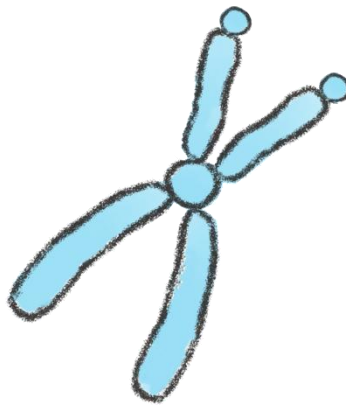
2. МОРФОЛОГИЈА ХРОМОЗОМА И ЋЕЛИЈСКЕ ДЕОБЕ

2.1. Дефинишите хромозом и наведите његове основне морфолошке делове.

2.2. Шта је центромера?

2.3. Дефинишите појам хроматида.

2.4. Означите основне морфолошке делове хромозома на датој слици:



2.5. Дефинишите сат-хромозом и објасните његову улогу.

2.6. Наведите најмање два атипична облика хромозома.

2.7. Шта су политени хромозоми?

2.8. Хромозом који садржи два примарна сужења назива се дихибридни хромозом.

- а) Тачно.
- б) Нетачно.

2.9. Како се назива хромозом који има краке једнаке дужине?

- а) субметацентрик
- б) једнакокраки
- в) дицентрик
- г) метацентрик

2.10. Набројте основне морфолошке јединице акроцентричног хромозома.

2.11. Нацртајте телоцентричан хромозом и означите његове морфолошке делове.

2.12. Морфолошки делови телоцентричног хромозома су:

- а) два крака, две хроматиде и једна центромера
- б) два крака, једна хроматида и једна центромера
- в) један крак, две хроматиде и једна центромера
- г) један крак, једна хроматида и једна центромера

2.13. Један организам има $2n=2$ хромозома. Први хромозом је метацентричан, а други телоцентричан. Прикажите изглед ћелије, која садржи описане хромозоме, ако се она налази у анафази митозе.

2.14. Дефинишите следеће појмове:

- а) кариотип
- б) кариограм
- в) идиограм

2.15. Шта су теломере?

2.16. На основу датог описа одредите о којој фази ћелијске деобе је реч. Опис фазе: Спарени хромозоми (биваленти) почињу да се раздвајају и држе се заједно само на одређеним местима дуж хромозома, хијазмама. Наставља се спирализација хромозома.

2.17. Како се називају ћелије, крајњи производ прве мејотичке деобе и колико имају хромозома? Нацртајте ове ћелије.

2.18. Колико се способних сперматозоида добија од:

- а) 2800 сперматиде?
- б) 4500 секундарних сперматоцита?

2.19. Наведите шта одлази на полове (хроматиде или цели хромозоми) током задатих фаза ћелијских циклуса:

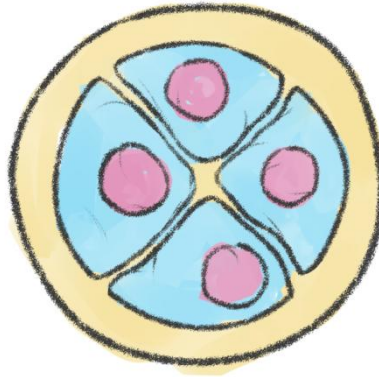
- а) анафаза митозе
- б) анафаза I
- в) анафаза II

2.20. Која једра ембрионалне кесе немају директну улогу у двострукој оплодњи виших биљака?

2.21. Шаран (*Cyprinus carpio*) има $2n = 104$ хромозома. Напишите колико ова врста има хромозома у:

- а) метафази митозе
- б) анафази мејозе I

2.22. Дат је шематски приказ ћелија, крајњих продуката мејозе II. Напишите њихов назив и број хромозома у свакој од њих.



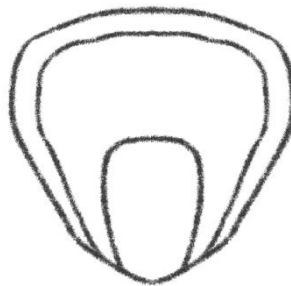
2.23. Колико сперматозоида бика (*Bos taurus* $2n = 60$) настаје од 1500 примарних сперматоцита?

2.24. Шта су хомологни хромозоми?

2.25. Када се јавља и шта представља синаптички комплекс?

2.26. Како се назива процес стварања мушких гамета хмеља (*Humulus lupulus*) и шта је крајњи производ тог процеса?

2.27. Обележите основне делове зрна кукуруза (*Zea mays*) приказаног на слици и наведите број хромозома у сваком од њих.



2.28. Како се назива и колико хромозома има мушки гамет човека (*Homo sapiens* $2n=46$)?

2.29. Дефинишите зиготен.

2.30. Дефинишите зигот.

2.31. Набројте једра која се налазе у ембрионалној кеси шљиве (*Prunus domestica* $2n=48$) и напишите број хромозома у сваком од њих.

2.32. Шта су тетраде?

2.33. Објасните која је сврха мејозе.

2.34. Заокружите тачан одговор.

- а) Једро ћелија животиња се дели процесом цитокинезе.
- б) Једро ћелија биљака и ћелија животиња се никада не дели.
- в) Једро ћелија биљака се не дели процесом цитокинезе.

2.35. Заокружите нетачан одговор.

- а) Све полне ћелије су хаплоидне.
- б) Сви гамети су хаплоидне полне ћелије способне за оплодњу.
- в) Све полне ћелије су хаплоидни гамети.

2.36. Повежите фазе ћелијских деоба са одговарајућим генетичким појмовима.

Фазе ћелијских деоба:

зиготен
пахитен
телофаза I
интерфаза

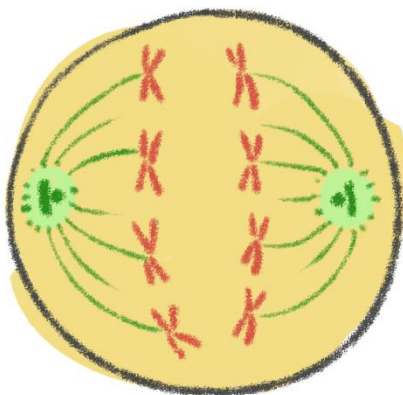
Генетички појмови:

дијаде
биваленти
синапсис
репликација ДНК

2.37. Повежите називе фаза ћелијских деоба или једара са одговарајућим бројем хромозома срне (*Capreolus capreolus* $2n = 70$)

анафаза митозе	$2n + 2n = 70 + 70$
телофаза II	$2n = 70$
пахитен	$n = 35$
секундарна ооцита	$n = 35$

2.38. Која ћелијска деоба и која њена фаза су приказане на слици? Образложите одговор.



2.39. Како се назива ћелија, крајњи продукт оогенезе и колико има хромозома?

2.40. Шематски прикажите изглед мушког гамета виших биљака и обележите једра која се у њему налазе.

2.41. Колико хроматида и центромера по ћелији ће имати винска мушица (*Drosophila melanogaster*), $n=4$ на крају анафазе митозе?

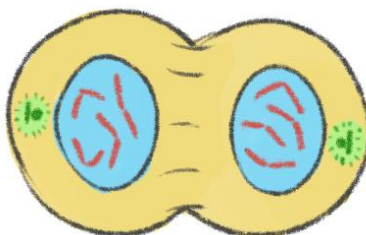
2. 42. Заокружите слово испред тачног одговора.

- а) Микроспора је полна ћелија од које почиње микроспорогенеза.
- б) Микроспора је мушки гамет биљака настао у микроспорогенези.
- в) Микроспора је хаплоидна полна ћелија настала у микроспорогенези.

2.43. Током пахитена, профазе 1 митозе образују се парови хомологних хромозома-биваленти.

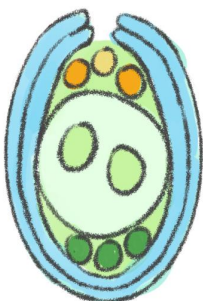
- а) Тачно.
- б) Нетачно.

2.44. Која фаза митозе је приказана на слици? Образложите одговор.



2.45. Колико хромозома има поларно телашце првог реда птице кос (*Turdus merula*, $2n=80$)?

2.46. На слици је дат уздужни пресек ембрионалне кесе. Обележите једра која се у њој налазе.

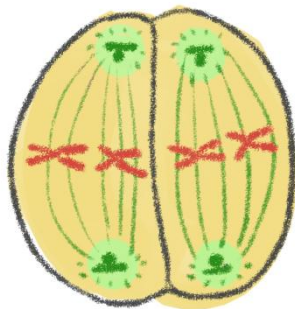


2.47. Заокружите слово испред тачног одговора.

- а) Макроспора је полна ћелија од које почиње макроспорогенеза.
- б) Макроспора је женски гамет биљака настао у макроспорогенези.
- в) Макроспора је хаплоидна полна ћелија настала у макроспорогенези.

2.48. Шта су биваленти и када се образују?

2.49. Напишите назив фазе ћелијске деобе приказане на слици и укратко је опишите.



2.50. Наведите животињске органе у којима се одвијају одговарајуће гаметогенезе.

- а)
- б)

2.51. Наведите два места у биљном организму у којима се одвија деоба соматских ћелија.

2.52. Неки организам има $2n=12$ хромозома. Набројте стадијуме кариокинезе у митози, по редоследу, како следе и напишите број хромозома у сваком од њих.

2.53. Поларно телашце другог реда је хаплоидна полна ћелија способна за оплодњу, која се образује током оогенезе жена и женки животиња.

- а) Тачно.
- б) Нетачно.

2.54. Поленово зрно је женска полна ћелија биљака способна за оплодњу.

- а) Тачно.
- б) Нетачно.

2.55. Редукција диплоидног броја хромозома дешава се у анафази митотске деобе.

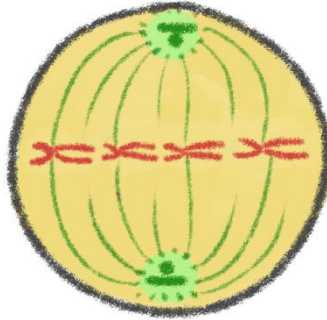
- а) Тачно.
- б) Нетачно.

2.56. Шта представља пахитен?

2.57. Како се назива процес стварања гамета женки животиња и жена?

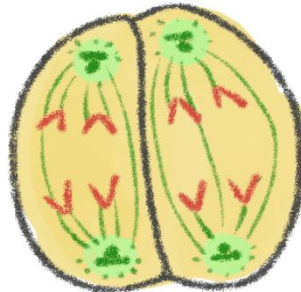
2.58. Која је сврха митозе?

2.59. Која фаза митозе је приказана на слици? Образложите одговор.



2.60. Спајањем којих ћелија настаје зигот коња (*Equus caballus*, $2n = 64$)?

2.61. Која фаза мејозе је приказана на слици. Образложите одговор.

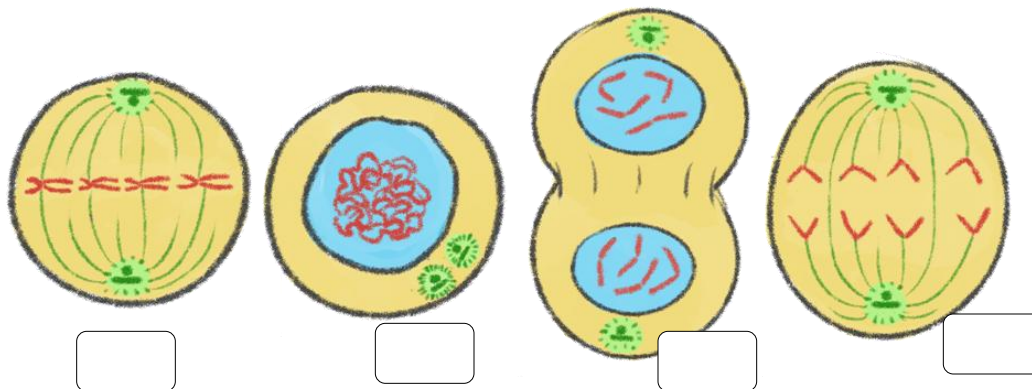


2.62. Пас (*Canis lupus familiaris*) има $2n=78$ хромозома. Колико хромозома има у:

- а) ћелијама длаке
- б) мишићним ћелијама
- в) оогонији

2.63. Који део ћелијског циклуса протиче кроз три периода (предсинтетички, синтетички и постсинтетички)?

2.64. У празна поља упишите одговарајући број, како би се добио правилан ток кариокинезе.



2.65. Како се назива директан производ оплодне мачака (*Felis silvestris*)?

2.66. У којој фази ћелијског циклуса долази до удвајања сестринских хроматида?

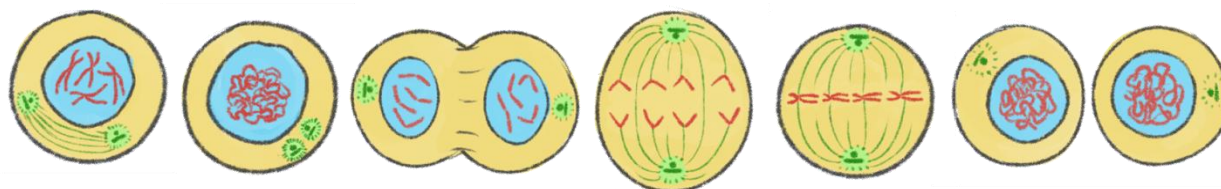
2.67. Заокружите слово испред тврдње која се односи на двоструку оплодњу виших биљака.

- а) Два поленова зрна оплоде једну јајну ћелију.
- б) Једно поленово зрно се дели и оплоди две јајне ћелије.
- в) Једно генеративно једро јајне ћелије оплоди секундарно једро полена.
- г) Једно генеративно једро полена оплоди секундарно једро ембрионалне кесе.
- д) Једно вегетативно једро полена оплоди јајну ћелију, друго вегетативно једро оплоди секундарно једро.

2.68. Заокружите слово испред фазе у којој на полове одлазе цели хромозоми.

- а) метафаза 1
- б) метафаза 2
- в) анафаза 1
- г) анафаза 2

2.69. Заокружите слово испред низа бројева који одговара правилном току митозе.



1

2

3

4

5

6

- а) 5 2 3 4 1 6
- б) 1 2 4 3 5 6
- в) 2 1 5 4 3 6
- г) 1 3 5 2 4 6
- д) 2 5 3 4 1 6

2.70. Укратко опишите лептотен.

2.71. Ако је током микроспорогенезе белог крина (*Lilium candidum*) у антерама прашника образовано 10000 поленових зрна, колико је материнских ћелија полена учествовало у овој гаметогенези?

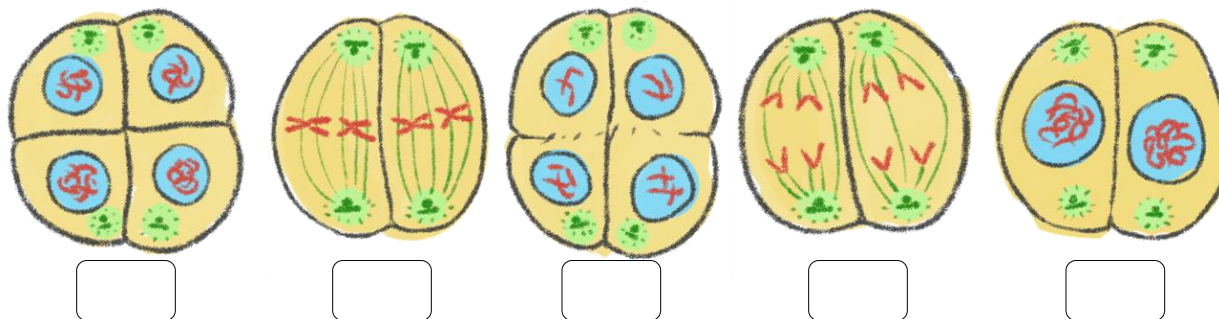
2.72. Наведите назив једне мушке и једне женске људске хаплоидне полне ћелије која није способна за оплодњу.

2.73. Ако пшеница (*Triticum monossocum*) има $n=7$ колико хромозома има у:

- а) тетради
- б) ендосперму
- в) анафази митозе

2.74. Шта су хијазме и када се образују?

2.75. У празна поља упишите одговарајући број како би се добио правилан ток мејозе 2.



2.76. Заокружите слово испред тачних тврдњи.

- а) Јајна ћелија је женски гамет биљака.
- б) Јајна ћелија је женски гамет женки животиња и жена.
- в) Микроспора није мушки гамет биљака.
- г) Микроспора није мушки гамет мужјака животиња и мушкараца.

2.77. На крају прве мејотичке деобе, ћелија је имала 12 хромозома. Колико хромозома ће да се налази у свакој ћелији ћерки на крају друге мејотичке деобе?

2.78. Заокружите слово испред тачног одговора. Поларно телашце првог реда је:

- а) други назив за јајну ћелију
- б) функционална полна ћелија настала у сперматогенези
- в) нефункционална, рудиментисана, полна ћелија настала у оогенези
- г) други назив за микроспору

2.79. Мејоза женке дивље свиње (*Sus scrofa*) одвија се у:

- а) јајницима
- б) тестисима
- в) коштаној сржи
- г) слузокожи

2.80. У синтетичком периоду интерфазе врши се репликација ДНК тј. удвајање хромозома. Производи овог процеса су причвршћени центромером и називају се:

- а) хомологни хромозоми
- б) кинетохоре
- в) сестринске хроматиде
- г) сестрински хромозоми

2.81. На крају мејозе 1, ћелија је имала 12 хромозома. На крају мејозе 2, у тој ћелији ће да се налази:

- а) 6 хромозома
- б) 12 хромозома
- в) 24 хромозома
- г) 48 хромозома

2.82. Колико ће се гамета миша (*Mus musculus*) добити од:

- а) 5 примарних ооцита
- б) 5 оогонија
- в) 5 сперматиди

2.83. У којој ћелијској органели се одвија процес саморепродукције ДНК?

3. СТВАРАЊЕ И ОДРЕЂИВАЊЕ ГАМЕТА И НЕЗАВИСНО РАЗДВАЈАЊЕ ГЕНА

- 3.1. Напишите генетичку конституцију максималног хетерозигота који има 4 пара хомологних хромозома.
- 3.2. Напишите све врсте гамета које може да створи генетичка конституција: BBccDD.
- 3.3. Шта је хомозигот?
- 3.4. Монохбриди су организми који имају само једну особину.
а) Тачно.
б) Нетачно.
- 3.5. Напишите гамете које образује индивидуа конституције aaBBccDd.
- 3.6. Како се назива укрштање F₁ генерације са рецесивним хомозиготним родитељем?
- 3.7. Наведите Менделове законе.
- 3.8. Монохбриди су хетерозиготни за једно својство и имају увек хаплоидан број хромозома.
а) Тачно.
б) Нетачно.
- 3.9. Заокружите слово испред генетичке конституције која представља трихбридни организам.
а) AAbbcc
б) AABbcc
в) AaBBcc
г) AaBbCc
д) aabbcc
- 3.10. Шта су дихибриди?
- 3.11. Напишите генетичку конституцију једног монохбрида.
- 3.12. Који однос раздвајања се добија при повратном тест укрштању монохбрида?
- 3.13. Заокружите тачан одговор.
а) Хомозиготи у истим локусима хомологних хромозома немају исте алеле.
б) Хомозиготи у истим локусима хомологних хромозома немају различите алеле.
в) Хомозиготи у истим локусима хомологних хромозома имају различите алеле.

3.14. Заокружите гамете које образује индивидуа генетичке конституције aaBb.

- а) a, B
- б) aB
- в) B, b
- г) a, b
- д) a, a
- ђ) ab

3.15. Наведите фенотипски и генотипски однос раздвајања при повратном тест укрштању дихибрида.

3.16. Дефинишите појам тест укрштање.

3.17. Напишите однос раздвајања у F₁ генерацији код укрштања два дихибрида у случају пуне доминације.

3.18. Заокружите гамете које образује индивидуа генетичке конституције EEff.

- а) E, F
- б) EF
- в) E, E
- г) F, f
- д) E, f
- ђ) Ef

3.19. Дефинишите појам трихибрид.

3.20. Напишите генетичку конституцију рецесивног хомозигота који има 4 пара хомологних хромозома.

3.21. Повежите називе са одговарајућим генетичким конституцијама.

рецесивни хомозигот	AaBb
трихибрид	AABBCC
доминантни хомозигот	AaBbCc
максимални хетерозигот	aabbcc

3.22. Колико различитих гамета образује индивидуа конституције aaBBccDdGgHh?

3.23. Заокружите слово испред нетачног одговора.

- а) Хетерозиготи у истим локусима хомологних хромозома имају различите алеле.
- б) Хетерозиготи у истим локусима хомологних хромозома немају различите алеле.
- в) Хетерозиготи у истим локусима хомологних хромозома немају исте алеле.

3.24. Повежите називе начина наслеђивања или укрштања са одговарајућим фенотипским односима раздвајањима.

Пуна доминација монохибрида	9:3:3:1
Тест укрштање дихибрида	3:1
Пуна доминација дихибрида	1:1:1:1
Парцијална доминација монохибрида	1:2:1

3.25. Дефинишите појам фенотипа.

3.26. Како се назива место гена на хромозому?

3.27. Наведите фенотипске односе раздвајања монохибридног наслеђивања у случају:

- а) тест укрштања
- б) F_1 генерације (пуна доминација)
- в) F_2 генерације (парцијална доминација)

3.28. Дихибриди настају укрштањем родитеља који се разликују у два гена, одговорна за два различита својства.

- а) Тачно.
- б) Нетачно.

3.29. Ако су оба родитеља генетичке конституције $BbDdRr$, који део потомства ће имати генотип $bbddrr$?

3.30. Код винске мушице (*Drosophila melanogaster*) дуга крила су доминантна (vg^+) над кратким крилима (vg), а сива боја тела доминантна (e^+) над црном бојом тела (e). Напишите генетичку конституцију јединкае, чији је фенотип: кратка крила и црна боја тела.

3.31. Алели су хромозоми који имају две или више форми који се налазе у истим локусима хомологних хромозома.

- а) Тачно.
- б) Нетачно.

3.32. Заокружите слово испред тврдње/тврдњи које описују дихибриде.

- а) Они су организми који имају само две особине.
- б) Они су организми који у пуној доминацији у F_2 генерацији остварују однос раздвајања 9:3:3:1.
- в) Они су организми који нису хетерозиготни на два пара алела.
- г) Све наведене тврдње су тачне.

3.33. Заокружите слово испред гамета које може да створи генетичка конституција $BBCcDd$.

- а) B, C, D
- б) B, c, d
- в) BCD
- г) Bcd
- д) b, c, D

ђ) BcD

3.34. Маљав лист пасуља је доминантно својство (M) над листом без маља (m). Прикажите све генетичке конституције биљака са маљавим листовима. Ово својство се наслеђује пуном доминацијом.

3.35. Како се називају организми, који у истим локусима хомологних хромозома имају различите алеле?

3.36. Колико различитих врста гамета образује генетичка конституција aabbccddff?

3.37. Заокружите слова испред генетичких конституција које представљају хомозиготе.

а) bbccDdhh

б) aabbVV

в) ggbbMm

г) NnBbHh

д) OOPPi

ђ) rTTzzOOppHH

3.38. Наведите формулу по којој се израчунава број могућих различитих гамета неког организма.

4. ИНТЕРАКЦИЈА ГЕНА И МУЛТИПЛИ АЛЕЛИ

- 4.1. Мултипли алели су хромозоми који имају више од две алтернативне форме.
а) Тачно.
б) Нетачно.
- 4.2. Шта су мултипли алели?
- 4.3. Напишите генотипове крвних група детета чији су родитељи крвне групе АВ. Прикажите укрштање.
- 4.4. Како се називају два везана доминантна алела, од којих један у потпуности замењује други?
- 4.5. Који фенотипски однос раздвајања је карактеристичан за семиепистазу?
4. 6. Серија мултиплих алела за боју перикарпа кукуруза је: p^f (црвена) $> p^c$ (црвена-вршак бео) $> p^v$ (варијегата) $> p^m$ (мозаик) $> p^o$ (оранж) $> p^w$ (безбојан). Прикажите генетичке конституције мозаик перикарпа.
- 4.7. Када два алелна гена контролишу исто својство, а један ген прикрива ефекат другог гена, испољава се:
а) коепистаза
б) доминантна епистаза
в) семиепистаза
г) леталан ефекат
д) изоепистаза
- 4.8. Напишите генотипове крвних група детета чија је мајка крвне групе О, а отац крвне групе АВ.
- 4.9. Напишите најмање 3 својства која се наслеђују серијама мултиплих алела.
- 4.10. Дефинишите интраалелну интеракцију.
- 4.11. Дефинишите интералелну интеракцију.
- 4.12. Којим типом интералелне генске интеракције се наслеђује облик кресте кокошака?
- 4.13. Укрштањем прикажите како родитељи крвне групе А и О могу да добију дете крвне групе О.

4.14. Летални гени спречавају развој неке особине и не изазивају смртност јединке у пренаталном или посленаталном периоду.

- а) Тачно.
- б) Нетачно.

4.15. У поље испред особине и врсте упишите слово, тако да се добију тачни парови са типовима интеракција.

а) Коепистаза		Облик љуске пастирске торбице
б) Семиепистаза		Облик кресте кокошака
в) Изоепистаза		Боја луковице црног лука
г) Доминантна епистаза		Боја плода бундеве
д) Рецесивна епистаза		Облик плода бундеве
		Боја перја папагаја

4.16. Наведите однос раздвајања у F_2 генерацији у двострукој рецесивној епистази.

4.17. Наведите једну особину човека која се наслеђује мултиплим алелилама.

4.18. Шта су суплементарни гени?

4.19. Код морског прасета, за боју длаке постоје алели: C (црна боја) $> c^k$ (сепиа) $> c^d$ (крем) $> c^a$ (албино). Какво потомство очекујете из укрштања албино мајке и сепиа оца ($c^k c^d$)? Прикажите укрштање.

4.20. Напишите све генотипове АВО система крвних група људи.

4.21. Дефинишите ген инхибитор.

4.22. Наведите два својства која се наслеђују семиепистазом.

4.23. У поље испред односа раздвајања упишите одговарајуће слово тако да се добију тачни парови.

а) Семиепистаза		9:3:3:1
б) Коепистаза		9:6:1
в) Изоепистаза		12:3:1
г) Доминантна епистаза		15:1

4.24. Гени који имају исти степен доминације називају се:

- а) комплементарни
- б) кодоминантни
- в) хомогаметни
- г) истостепени

4.25. Заокружите крвну групу или групе деце, ако су мајка и отац хомозиготни за А, односно В крвну групу

АА ВО ВВ АВ АО ОО

4.26. АВО систем крвних група људи условљен је серијом мултиплих алела, за који постоје три алела. Наведите који су то алели и какав је по доминацији сваки од њих.

4.27. Однос раздвајања у F_2 генерацији у изоепистази је 15:1.

- а) Тачно.
- б) Нетачно.

4.28. Како се назива тип интералелне интеракције гена који се препознаје по фенотипском односу раздвајања у F_2 генерацији 9:3:4? Наведите две особине које се наслеђују на овај начин.

4.29. Напишите фенотипски однос раздвајања у F_2 генерацији, по којем се препознаје доминантна епистаза.

4.30. Дефинишите комплементарне гене.

4.31. Како се називају гени који имају једнак степен доминације. Наведите пример таквих гена.

4.32. Дефинишите хипостатичан и епистатичан ген.

4.33. Наведите најмање три типа неалелних интеракција.

4.34. Заокружите слово испред нетачног исказа.

- а) Комплементарни гени су гени који се допуњују у свом деловању
- б) Комплементарни и суплементарни гени су гени са истим степеном доминације.
- в) Суплементарни гени су гени који мењају ефекат комплементарних гена.

4.35. Серија мултиплих алела за боју длаке кунића је: c^+ (сива боја) $> c^{ch}$ (тамни чинчила) $> c^d$ (светли чинчила) $> c^m$ (боја куне златице) $> c^h$ (хималајски албино) $> c^a$ (албино). Прикажите како је могуће од родитеља тамни чинчила и светли чинчила да се добије потомак са хималајски албино бојом длаке.

4.36. У ком типу интералелне интеракције два невезана доминантна алела (нпр. А и В) контролишу неку особину (нпр. боју зрна пшенице) делујући адитивно?

4.37. Активношћу неких гена долази до смрти индивидуа у пренаталном или постнаталном периоду. Ови гени се називају инхибиторни гени.

- а) Тачно.
- б) Нетачно.

4.38. У усевима младих биљака кукуруза често се јављају албино биљке. Оне, пошто немају хлорофила, живе само док имају храну у ендосперму, а затим угину. Шта је узрок за ову појаву?

4.39. Којим типом интералелне генске интеракције се наслеђује облик плода бундеве (*Cucurbita sp.*)?

5. НАСЛЕЂИВАЊЕ ПОЛА И ПОЛНО ВЕЗАНЕ ОСОБИНЕ

- 5.1. Наведите називе четири основна типа наслеђивања пола у животињском свету.
- 5.2. Дефинишите појам хомогаметна јединка.
- 5.3. Дефинишите појам хетерогаметна јединка.
- 5.4. Дефинишите појам сексуални хроматин.
- 5.5. Дефинишите појам аутозоми.
- 5.6. Шта су холандрични гени и холандричне особине?
- 5.7. Како се називају гени који се налазе на X хромозому мушкарца?
- 5.8. Дефинишите појам хемизигот.
- 5.9. Прикажите укрштањем последице нераздвајања X хромозома у оогенези жене, под условом да се сперматогенеза одвија нормално. Наведите називе најчешћих синдрома, број хромозома и број Барових тела у насталим конституцијама.
- 5.10. Заокружите слово испред назива организма од којег зависи пол његових потомака:
- а) мужјак мачке
 - б) женка папагаја
 - в) женка крокодила
 - г) женка жабе
- 5.11. Наведите назив типа наслеђивања пола, који се карактерише постојањем мужјака са дупло мањим бројем хромозома од женки исте врсте.
- 5.12. Шта су гинандроморфи?
- 5.13. Заокружите нетачне тврдње.
- а) Женка нилског коња (*Hippopotamus amphibious*) је хомогаметна јединка.
 - б) Женка нилског коња (*Hippopotamus amphibious*) је хетерогаметна јединка.
 - в) Женка нилског коња (*Hippopotamus amphibious*) није хомогаметна јединка.
 - г) Женка нилског коња (*Hippopotamus amphibious*) није хетерогаметна јединка.
- 5.14. По ком типу штеточина житни бауљар (*Zabrus tenebrioides*) наслеђује пол?
- 5.15. Словно и хромозомски представите генетичку конституцију мушкарца оболелог од *colobome iridis*, ако се зна да се ова деформација ока (недостатак дела дужице), наслеђује рецесивним, полно везаним геном.

5.16. Човек (*Homo sapiens*) има $2n = 46$ хромозома. Напишите колико хромозома имају особе оболеле од наведених болести:

- а) жена болесна од хемофилије и Тарнер синдрома
- б) жена болесна од далтонизма и XXX синдрома
- в) мушкарац болестан од далтонизма и Down синдрома
- г) мушкарац болестан од хемофилије
- д) жена болесна од далтонизма
- ђ) мушкарац болестан од далтонизма и КLINEFELTER синдрома

5.17. Заокружите конституције нормалних гамета свиње (*Sus scrofa*, $2n=38$ хромозома).

- а) $36A+XX$
- б) $18A+XX$
- в) $18A+X$
- г) $18A+XY$
- д) $18A+Y$
- ђ) $36A+XY$

5.18. Наведите назив по једне животињске врсте која наслеђују пол по наведеним типовима наслеђивања пола.

- а) *Abrahas* тип
- б) *Drosophila* тип
- в) *Haploidia* тип

5.19. Барово тело настаје:

- а) активацијом једног X хромозома у ћелији жене (*Homo sapiens*).
- б) инактивацијом једног X хромозом у ћелији жене (*Homo sapiens*).
- в) инактивацијом једног X хромозом у ћелији мушкарца (*Homo sapiens*).
- г) активацијом једног X хромозома у ћелији мушкарца (*Homo sapiens*).
- д) ни један од понуђених одговора не може да се сматра тачним.

5.20. У поље испред назива врсте упишите слово тако да се добију тачни типови наслеђивања пола.

- а) *Anasa tristis* тип
- б) *Abrahas* тип
- в) *Drosophila* тип
- г) Хаплоидија тип

	Бели медвед
	Црни лабуд
	Плава ара
	Златни ретривер
	Жути мрав
	Црвена кобра

5.21. Словно и хромозомски представите генетичку конституцију жене преносиоца далтонизма.

5.22. Јединка која у односу на пол ствара једну врсту гамета се назива:

- а) хомозиготна

- б) хаплоидна
- в) хомогаметна
- г) фертилна

5.23. Жена оболела од *colobome iridis* има генетичку конституцију:

- а) $44A+X^cX$
- б) $44A+cc$
- в) $44A+Z^cZ^c$
- г) $44A+X^cY$
- д) $44A+X^cX^c$

5.24. У поље испред генетичке конституције упишите одговарајуће слово, тако да се добију тачни парови.

- а) хемофилија (болестан мушкарац)
- б) далтонизам (жена преносилац)
- в) супер женка
- г) XXX синдром

	$44A+XXX$
	$44A+X^dX$
	$44A+X^hY$
	$6A+XXX$

5.25. Укрштањем прикажите општи случај наслеђивања пола по *Abraxas* типу.

5.26. Заокружите слово испред особине која не припада понуђеној групи.

- а) хемофилија
- б) далтонизам
- в) маљавост ушне шкољке
- г) *coloboma iridis*

5.27. Заокружите слово испред конституција здравих женских особа.

- а) $45A+XX$
- б) $44A+XXX$
- в) $44A+X^dX$
- г) $46A+X^dX$
- д) $44A+X^dX^d$
- ђ) $44A+XX$

5.28. По ком типу пол наслеђује плави кит (*Balaenoptera musculus*)?

5.29. Хетерогаметне јединке у истим локусима хомологних хромозома увек имају различите алеле и детерминишу пол потомака.

- а) Тачно.
- б) Нетачно.

5.30. Далтонизам се наслеђује:

- а) рецесивним геном везаним за аутозоми.
- б) рецесивним полно везаним геном.
- в) доминантним полно везаним геном.

г) доминантним геном везаним за аутозоми.

5.31. Под претпоставком да је браон боја очију (В) пчеле доминантна особина у односу на зелену боју очију (b), прикажите укрштање матице зелених очију и трута браон очију. Анализујте фенотип добијених потомака.

5.32. Заокружите конституције јајне ћелије и сперматозоида, насталих током нормалних гаметогенеза жене и мушкарца:

22A+XX

22A+XO

23A+X

44A+XX

22A+XY

23A+Y

22A+Y

44A+XY

22A+X

5.33. Укрштањем прикажите општи случај наслеђивања пола по *Anasa tristis* типу.

5.34. Хомогаметне јединке у истим локусима хомологних хромозома увек имају исте алеле и не детерминишу пол потомака.

а) Тачно.

б) Нетачно.

5.35. Словно и хромозомски представите генетичку конституцију жене која болује од рецесивне, полно везане болести, која се испољава немогућношћу згрушавања крви.

5.36. По ком типу мужјак медоносне пчеле (*Apis mellifica*) наслеђује пол?

5.37. Колико аутозомалних, а колико полних хромозома се налази у кариограму индивидуе оболеле од Клинефелтеровог синдрома? Колико ова индивидуа има Барових тела?

5.38. Колико аутозомалних, а колико полних хромозома се налази у кариограму жене оболеле од Тарнеровог синдрома?

5.39. Наведите назив типа наслеђивања пола задатих врста.

а) *Salmo trutta* (пастрмка)

б) *Pan troglodytes* (шимпанза)

в) *Carpeolus carpeolus* (срна)

5.40. Боја перја кокошака је полно везано својство. Шарено перје је доминантно над црном бојом перја. Произвољним словима обележите ген за боју и словно и хромозомски прикажите петла црне боје перја и кокошку шареног перја.

5.41. Колико аутозомалних хромозома, полних хромозома и Барових тела се налази у ћелијама жене оболеле од XXX синдрома?

5.42. Хемизигот је:

- а) зигот који поседује у истим локусима хомологних хромозома исте алел.
- б) стање индивидуе која поседује само један алел (А или а).
- в) зигот настао укрштањем хомозигота и хетерозигота.

5.43. Изведите започето укрштање до краја и наведите који је тип наслеђивања пола приказан на овај начин.

$$\text{♀}22\text{A}+\text{XX} \times \text{♂}22\text{A}+\text{X}$$

5.44. Жути мрави су врста инсеката. Напишите назив типа по ком ова врста наслеђује пол.

5.45. Прикажите укрштањем како родитељи који не болују од хемофилије, могу да добију болесно дете, под претпоставком да се оогенеза и сперматогенеза одвијају нормално.

5.46. Заокружите слово испред генетичке конституције која не припада понуђеној групи, ако се посматра број Барових тела у свакој од њих.

- а) 44A+XY
- б) 44A+XX
- в) 44A+XY
- г) 44A+XO

5.47. Да ли постоје мушки и женски полови код биљака?

5.48. Да ли постоје мушки и женски полови код нижих организама?

6. ВЕЗАНИ ГЕНИ И CROSSING OVER

6.1. Везани гени се налазе:

- а) само на полним хромозомима.
- б) само на аутозомима.
- в) само на Y хромозому.
- г) на различитим хромозомима.
- д) на истом хромозому.

6.2. Crossing over је реципрочна измена делова хроматида нехомологних хромозома.

- а) Тачно.
- б) Нетачно.

6.3. Хромозомска мапа приказује места хромозома у кариограму.

- а) Тачно.
- б) Нетачно.

6.4. Одговорите о каквом начину наслеђивања се ради, ако су резултати тест укрштања: AC 125, Ac 12, aC 14, ac 131. Словима AC, Ac, aC и ac су приказани добијени фенотипови потомака.

6.5. Ако се у тест укрштању добија резултат 1:X:X:1, онда није реч о наслеђивању типа: везани гени, crossing over, серија раздвајања.

- а) Тачно.
- б) Нетачно.

6.6. Напишите образац за израчунавање проценат рекомбинација из података тест укрштања.

6.7. Заокружите слово испред тачног исказа.

- а) Везани гени су доминантни и рецесивни гени који се налазе на истом хромозому.
- б) Везани гени су само доминантни гени који се налазе на истом хромозому.
- в) Везани гени су доминантни и рецесивни гени који се не налазе на истом хромозому.

6.8. Одговорите о каквом начину наслеђивања се ради, ако су резултати тест укрштања: EP 12, Ep 125, eP 133, ep 13. Словима EP, Ep, eP и ep су приказани добијени фенотипови потомака.

6.9. Који однос раздвајања се добија у тест укрштању F₁ генерације генетичке конституције PdpD. *Напомена: crossing over се дешава.*

6.10. Хромозомски прикажите генетичку конституцију AboDabOd.

6.11. Из резултата тест укрштања израчунати су проценти crossing over-a: $AB=20\%$, $BC=35\%$ и $CA=15\%$. Нацртајте хромозомску мапу за гене А, В и С.

6.12. Однос раздвајања у F_1 генерацији везаних гена, crossing over серије спајања је $X:1:1:X$.

а) Тачно.

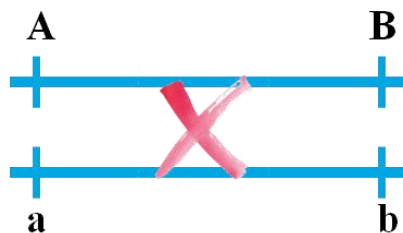
б) Нетачно.

6.13. Хромозомски прикажите генетичку конституцију $ABCDEabcde$.

6.14. Из резултата тест укрштања израчунати су проценти crossing overa: $EC=56\%$, $EB=83\%$ и $CB=27\%$. Нацртајте хромозомску мапу за гене Е, В и С.

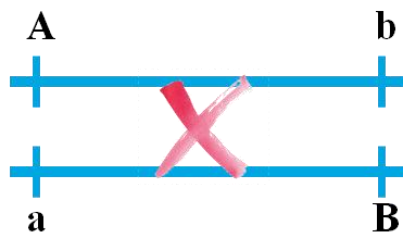
6.15. Хромозомски и словно представите генетичку конституцију F_1 генерације, ако је фенотипски резултат њеног тест укрштања: $EP\ 14$, $Er\ 56$, $eP\ 62$, $er\ 13$.

6.16. На слици је хромозомски приказана конституција F_1 генерације. Словно и хромозомски прикажите гамете, које даје ова генетичка конституција, имајући у виду означену рекомбинацију наследног мматеријала.



6.17. Напишите генетичке конституције родитеља, који су у F_1 генерацији добили потомство конституције $AbaB$.

6.18. На слици је хромозомски приказана конституција F_1 генерације. Словно и хромозомски прикажите њене гамете.



6.19. Напишите генетичке конституције родитеља који су у F_1 генерацији добили потомство конституције $SDsd$.

6.20. Који се однос раздвајања добија у потомству тест укрштању F_1 генерације генетичке конституције PdpD. *Напомена: crossing over се не дешава.*

6.21. Заокружите слово испред тачног исказа.

- а) Crossing over не представља реципрочну измену делова хроматида нехомологних хромозома.
- б) Crossing over не представља реципрочну измену делова хроматида хомологних хромозома.
- в) Crossing over представља реципрочну измену делова хроматида нехомологних хромозома.

6.22. Колико група везаних гена има:

- а) винска мушица (*Drosophila melanogaster*)
- б) човек (*Homo sapiens*)
- в) кукуруз (*Zea mays*)

6.23. Шта је последица crossing over-а у митози?

6.24. Шта је последица crssing overa-а у мејози?

7. УДАЉЕНА УКРШТАЊА

7.1. Дефинишите удаљена укрштања.

7.2. Наведите начине на које могу да се превазиђу потешкоће у извођењу удаљених укрштања.

7.3. *Interspecies* хибриди настају укрштањем сорти биљака тј. раса животиња које припадају различитим врстама истог рода.

а) Тачно.

б) Нетачно

7.4. *Intergenus* хибриди настају укрштањем сорти биљака тј. раса животиња које припадају различитим врстама истог рода.

а) Тачно.

б) Нетачно

7.5. Ком типу удаљених укрштања (хибридизације) припада *Triticale*?

7.6. Наведите назив и број хромозома родитеља хексаплоидног тритикалеа.

7.7. Прикажите како настаје хексаплоидни тритикале.

7.8. Наведите назив на српском и латинском језику и број хромозома родитеља октоплоидног тритикалеа.

7.9. Прикажите како настаје октоплоидни тритикале.

7.10. Хексаплоидни тритикале (6X) $2n=42$ је *interspecies* хибрид добијен укрштањем дурум пшенице и ражи.

а) Тачно.

б) Нетачно

7.11. Ком типу удаљених укрштања (хибридизације) припада *Raphanobrassica*?

7.12. Како настају *intraspecies* хибриди?

7.13. Спаривање потпуно или делимично хомологних хромозома истог гамета (аутосиндеза) дешава се у профази прве мејотичке деобе.

а) Тачно.

б) Нетачно

7.14. Шта је геном?

7.15. Наведите пример за *interspecies* хибрид биљака.

7.16. Укрштањем магарца (*Equus asinus*, $2n=62$) и кобиле (*Equus caballus*, $2n=64$) у F_1 генерацији настаје мула. Прикажите колико мула има хромозома. Шта настаје уколико се изведе реципрочно укрштање? Шта је карактеристика хибрида насталих овим укрштањима?

7.17. Прикажите шематски један пример аутосиндезе.

8. ХРОМОЗОМСКЕ АБЕРАЦИЈЕ И ПОЛИПЛОИДИ

8.1. Хромозомске аберације су промене у броју хромозома.

- а) Тачно.
- б) Нетачно

8.2. Наведите врсте хетерозиготних хромозомских дефиција.

8.3. Који тип хромозомске аберације приказује дата слика?



8.4. Дефинишите појам парацентрична инверзија.

8.5. Наведите врсте хромозомских дупликација.

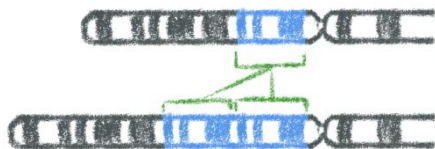
8.6. Транслокације су хромозомске аберације које представљају реципрочне измене делова хроматида хомологних хромозома.

- а) Тачно.
- б) Нетачно

8.7. Нормалан хромозом има регије ABC•DEFGHI (центромера се налази између C и D). Који тип хромозомске аберације се десио, ако је приказани хромозом после промене имао регије ABC•DEFFEDGHI?

8.8. Дефинишите појам хетерозиготна терминална дефиција.

8.9. Који тип хромозомске аберације приказује дата слика?

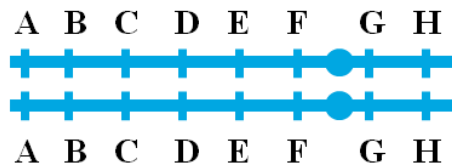


8.10. Нормалан хромозом има регије ABC•DEFG (центромера се налази између C и D). Напишите које регије ће имати хромозом после интерстицијалне делеције за регије C, D и E.

8.11. Нормалан хромозом има регије 12345•678 (центромера је између 5 и 6). Заокружите слово испред хромозома који је промењен парацентричном инверзијом.

- а) 45•678
- б) 1236•5478
- в) 1234545•678
- г) 14325•678

8.12. Прикажите изглед датог пара хомологних хромозома после хетерозиготне инверзије за регије DEFG.



8.13. Један нормалан хромозом има сегменте А•BCDEFGH (центромера је између А и В). О каквој се хромозомској аберацији ради у следећим случајевима?

- а) А•BCDEFGHA•В
- б) А•BCDEF1234
- в) А•BCGH
- г) А•BCDGFEN

8.14. Приказани су два пара хомологних хромозома.

Први пар:	Други пар:
1•23456	AB•CDEF
1•23456	AB•CDEF

Центромера је обележена симболом •

Прикажите конфигурације хромозома у пахитену, уколико дође до хетерозиготне реципрочне транслокације хромозомских региона 3456 и DEF.

8.15. Прикажите конфигурацију бивалента у пахитену, у случају хетерозиготне терминалне дефиције хромозомских региона DEFGHI, ако су региони нормалног хромозомског пара обележени словима:

ABCDEF•GHI
ABCDEF•GHI

Центромера је између регија F и G.

8.16. Полиплоиди су:

- а) гигантски хромозоми.
- б) гени слабоизраженог појединачног ефекта.

в) организми са промењеним бројем хромозома у односу на основни број ($2n$).

8.17. До промене у броју хромозома неког организма може да дође услед различитих узрока. Наведите неке од узрока ових промена.

8.18. Наведите критеријуме на основу којих полиплоиди могу да се поделе у групе.

8.19. Еукалиптус (*Eucalyptus jacobsiana*) има $2n=22$ хромозома. Напишите називе следећих анеуплоида.

а) $2n-2-2-1=17$

б) $2n+1+1=24$

в) $2n+1-2-1=20$

8.20. Којој групи полиплоида припада *Triticale*?

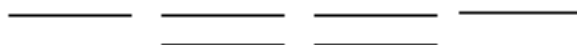
8.21. Наведите назив и формулу, као и којој групи полиплоида припада, организм чији је број хромозома тачно 10 пута већи од његовог хаплоидног броја.

8.22. Којој групи полиплоида припада *Raphanobrassica*?

8.23. Кукуруз (*Zea mays*) има $2n=20$ хромозома. Како се назива анеуплоид ове биљке и колико има хромозома, ако има 2 пара хромозома више од нормалног броја?

8.24. Дефинишите појам дисомик.

8.25. Напишите назив и број хромозома анеуплоида приказаног на слици.



8.26. Наведите општи назив два полиплоида за које су својствени униваленти.

8.27. Очекиван број хромозома у гаметима моносомика је:

а) $2n-1$

б) $n-1$ и $n-1$

в) n и $n-1$

г) n и $n+1$

8.28. Наведите којој групи полиплоида припада, назив и формулу организма код којег је број хромозома тачно 3 пута већи од његовог хаплоидног броја.

8.29. Дефинишите појам двоструки трисомик.

8.30. Напишите формулу, број хромозома и прикажите ситуацију у метафази прве мејозе, ако је $2n=20$ хромозома, за следеће полиплоиде:

а) моносомик-трисомик

б) моноплоид

в) тетрасомик-нулисомик

8.31. Алополиплоиди су организми код којих се промена у броју хромозома односи на исти кариотип.

- а) Тачно.
- б) Нетачно

8.32. У поље испред формуле упишите одговарајуће слово, тако да се добију тачни парови.

а) моносомик-трисомик		$4n$
б) тетрасомик		n
в) нулисомик		$2n-2$
г) тетраплоид		$2n-1+1$
д) моноплоид		$2n+2$

8.33. Врста *Drosophila melanogaster* има $2n=8$ хромозома. Напишите назив, формулу и број хромозома овог организма, ако му недостаје један пар хромозома и има један хромозом више од нормалног броја хромозома. Прикажите и ситуацију у метафази прве мејозе.

8.34. Наведите општи назив два полиплоида код којих се појављују квадриваленти.

8.35. Нулисомик (формула $2n-2$) је организам коме недостају два хромозома.

- а) Тачно
- б) Нетачно

8.36. Тетрасомик (формула $2n+2$) је организам који има два хромозома више од нормалног броја.

- а) Тачно
- б) Нетачно

9. ВЕЛИКА ПОПУЛАЦИЈА

9.1. Дефинишите појам велика популација.

9.2. Дефинишите појам слободна оплодна.

9.3. Наведите шта чини генетичку конституцију велике популације.

9.4. Како се назива закон велике популације о фреквенцији гена и генотипова?

9.5. Напишите формулу за израчунавање фреквенције гена за крвну групу А, у АВО систему крвних група.

9.6. Заокружите слово испред формуле за израчунавање фреквенције жена болесних од далтонизма.

а) $X^dX \rightarrow q^2$

б) $X^dX^d \rightarrow q$

в) $X^dY \rightarrow q$

г) $X^dX^d \rightarrow q^2$

9.7. Напишите формулу за израчунавање фреквенције људи са АВ крвном групом.

9.8. Наведите основне разлике између мале и велике популације.

9.9. Заокружите слово испред тачног исказа.

а) У великој популацији нема слободне оплодне.

б) Ни у великој, ни у малој популацији нема слободне оплодне.

в) У малој популацији нема слободне оплодне.

9.10. Формула за израчунавање фреквенције рецесивних хомозиготних генотипова у великој популацији код интермедијерног наслеђивања је $q=R+H/2$.

а) Тачно.

б) Нетачно

9.11. Заокружите слово испред формуле за израчунавање фреквенције мушкараца болесних од хемофилије.

а) $X^hY \rightarrow q^2$

б) $X^hY \rightarrow q$

в) $X^hY \rightarrow 2pq$

г) $X^hY \rightarrow p$

9.12. Израчунајте фреквенцију гена за далтонизам у популацији у којој је један од 350 мушкараца слеп за боје.

9.13. Формула за израчунавање фреквенције рецесивног гена у великој популацији, код интермедијерног наслеђивања је: $q^2 = R + H/2$.

- а) Тачно.
- б) Нетачно

9.14. Израчунајте фреквенцију нормалног гена у популацији у којој је један од 356 мушкараца болестан од хемофилије.

9.15. Напишите формулу за израчунавање фреквенције особа које су О и Rh⁻ крвне групе.

9.16. Шта је популациона генетика?

9.17. Наведите факторе који доводе до поремећаја равнотежног стања популације.

9.18. Напишите формулу за израчунавање фреквенције алела за В крвну групу, у АВО систему крвних група.

9.19. Фреквенција доминантних хомозиготних генотипова у великој популацији износи:

- а) p^2
- б) $2pq$
- в) q^2
- г) p
- д) q

10. ИНБРЕДИНГ

10.1. Дефинишите појам инбрединг (inbreeding).

10.2. Шта се израчунава Wright-овим коефицијентом?

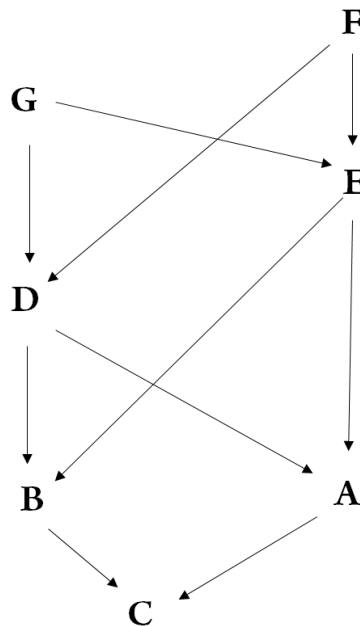
10.3. Напишите формулу за израчунавање коефицијента инбрединга јединке, ако заједнички предак није инбредован.

10.4. Напишите образац за израчунавање коефицијента инбрединга, ако је заједнички предак инбредован.

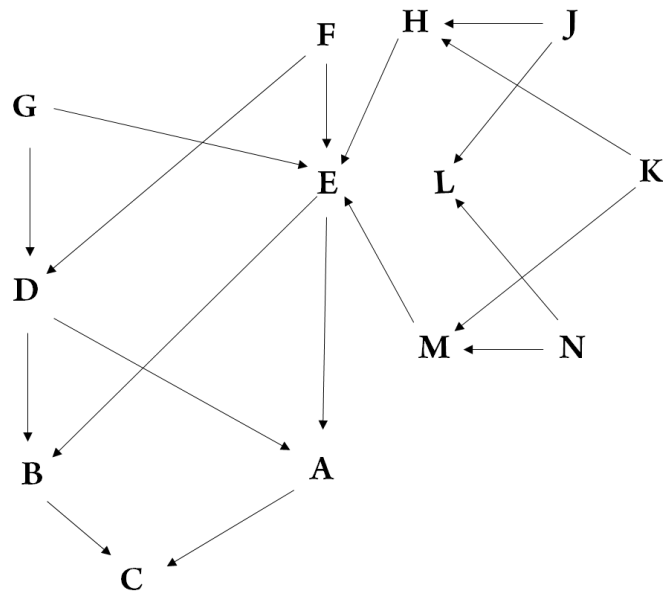
10.5. Шта је инбрединг депресија?

10.6. Шта је хетерозис?

10.7. Израчунајте коефицијент инбрединга индивидуе С из датог родослова.



10.8. Израчунајте коефицијент инбрединга индивидуе С из датог родослова.



Напомена: коефицијент инбридинга индивидуе D износи 1/8.

II ОДГОВОРИ И РЕШЕЊА

1. СТРУКТУРА И ФУНКЦИЈА ГЕНА

1.1. Основна јединица грађе дезоксирибонуклеинске киселине (ДНК) је нуклеотид, који се састоји од:

1. шећера пентозе у фураноидном облику (дезоксирибоза)
2. два типа азотних база:
 - а) пуринске, које имају структуру двоструког прстена: аденин и гуанин,
 - б) пиримидинске, које имају структуру једноструког прстена: тимин и цитозин и
3. фосфорне киселине.

Нуклеотиди ДНК граде два комплементарна полинуклеотидна ланца, супротног смера, који су двоструко спирално увијени око своје осе и замишљене унутрашње осе.

Осим ДНК, нуклеинске киселине су и оне у чију грађу уместо пентозног шећера дезоксирибозе, улази рибоза у фураноидном облику, па се називају рибонуклеинске киселине (РНК). Поред ове разлике, у поређењу са ДНК, рибонуклеинске киселине су углавном једноструки ланци, док је азотна, пиримидинска база тимин, замењена азотном базом урацил. Ових нуклеинских киселина има неколико врста, од којих су за разумевање процеса рада гена, најважније:

1. хетерогена РНК (енг. heterogenous nuclear RNA-hnRNA) - настаје по обрасцу ДНК, налази се у једру и служи као прекурсор за синтезу информационе РНК,

2. информациона РНК (енг. messenger RNA-mRNA) - настаје транскрипцијом, тј. преписивањем сегмента ДНК, са ког носи информацију до рибозома, органела у којима се одвија процес синтезе протеина,

3. рибозомална РНК (енг. ribosomal RNA-rRNA) - спаја већу и мању подјединицу рибозома у комплекс за синтезу протеина и

4. транспортна РНК РНК (енг. transfer RNA-tRNA) - приводи аминокиселине из периферних делова цитоплазме до рибозома, те на тај начин учествује у процесу транслације (повезивање аминокиселина у полипептидни ланац).

1.2.

- а) Има линеарну структуру.
- б) Специфичан триплет база се назива кодон.
- д) Настаје у процесу транскрипције.

1.3.

- б) везивање аминокиселина у полипептидни ланац.

1.4.

- б) Нетачно.

Транскрипција је процес преписивања генетичке информације са ДНК матрице на иРНК, док транслација представља везивање аминокиселина у полипептидни ланац. То су процеси којима, активношћу гена, настају протеини тј. у најширем смислу, особине које се са родитеља преносе на потомство. Они укључују неколико фаза, које се одвијају следећим редоследом:

1. матични ланац ДНК синтетише иРНК (процес транскрипције)
2. информациона РНК кроз поре на једровој мембрани одлази у цитоплазму и својим триплетима база (кодони) се веже за мању подјединицу рибозома
3. кодони, по принципу комплементарности азотних база, позивају антикодоне (триплете база транспортне РНК), са по једном аминокиселином везаном у вршном делу триплета, у већу подјединицу рибозома
4. образовање пептидних веза између аминокиселина и стварање протеина (процес транслације).

1.5.

иРНК: **GGG-CCA-UUU-CCU**
тРНК: **CCC, GGU, AAA, GGA**

Да би се приказала структура траженог ланца, неопходно је да се испоштује принцип комплементарности азотних база, при чему је гуанин комплементаран цитозину, а урацил аденину. Такође, неопходно је антикодоне тРНК (триплете азотних база) одвојити зарезима, јер ова нуклеинска киселина нема структуру правог ланца.

1.6. С обзиром да је у постављеном питању наведена и азотна база аденин, која је пуринска, одговор је:

б) Нетачно.

1.7.

б) Нетачно.

Ген је функционална јединица наследности и у хемијском смислу представља одређен редослед нуклеотида молекула ДНК или РНК (неких вируса). Величина гена се изражава у броју нуклеотида ланца нуклеинске киселине и најчешће се креће од 500 до 1500 нуклеотида. Према улози коју обавља, ген може да буде:

1. структурни-представља део ДНК који процесима транскрипције и транслације одређује редослед аминокиселина у протеину и
2. регулаторни
 - у ширем значењу: сваки ген, који регулише рад других гена
 - у ужем значењу: ген, који кодује редослед аминокиселина у протеину репресору (протеин, који је одговоран за почетак процеса транскрипције).

1.8. Без обзира о којој је врсти РНК реч, све имају исте градивне јединице нуклеотида и то су:

1. шећер пентоза у фураноидном облику (рибоза)
2. два типа азотних база:

- а) пуринске, које имају структуру двоструког прстена: аденин и гуанин и
- б) пиримидинске, које имају структуру једноструког прстена, а то су цитозин и урацил и

3. фосфорна киселина.

1.9.

б) Нетачно.

Напомена: Објашњење је дато у одговору на питање 1.7.

1.10. Репликација ДНК је ензимски регулисан процес у коме од једног двоструког ДНК ланца настају два нова истоветна ланца ДНК. Дешава се током синтетичког периода интерфазе (дела ћелијског циклуса, који протиче између две узастопне деобе једра и цитоплазме). Репликацијом ДНК ланца се умножава генетички материјал и удвајају сестринске хроматиде (уздужне јединице) хромозома. Овај процес почиње радом ензима хеликаза, који прекида водоничне везе између комплементарно постављених азотних база двоструког ДНК ланца. Потом се матрични једноструки ланац дејством ензима ДНК полимеразе синтетише континуелно у правцу $5' \rightarrow 3'$. Други једноструки, комплементаран ланац, се синтетише у истом правцу, али дисконтинуелно. На овом ланцу, ензим примаза синтетише кратак РНК прајмер, који се продужава ДНК полимеразом формирајући један Окасаки фрагмент. Када се РНК прајмер замени са ДНК (помоћу друге ДНК полимеразе), ДНК лигаза спаја Окасаки фрагменте у континуелан ДНК ланац.

На тај начин новонастали ланци ДНК имају по један стари ланац (матичне ДНК) и један новосинтетисани комплементарни ланац. **Из тог разлога, овај начин репликације (саморепродукције) ДНК се назива семиконзервативни.**

*Напомена: Општи правац репликације ДНК је $5' \rightarrow 3'$. Ознаке $5'$ и $3'$ су у вези са супротним смеровима комплементарних ланаца ДНК. Правац $5' \rightarrow 3'$, подразумева да ланац ДНК почиње петим атомом угљеника шећера ($5'$) на првом нуклеотиду, а завршава се трећим угљениковим атомом шећера на последњем нуклеотиду ($3'$). Овај правац се назива **позитивни**, а ланац је **смисаони ланац** (енг. *sense*). Правац $3' \rightarrow 5'$, почиње трећим атомом угљеника шећера ($3'$) на првом нуклеотиду, а завршава се петим угљениковим атомом на последњем нуклеотиду ($5'$). Овај правац се назива **негативни**, а ланац **антисмисаони** (енг. *antisense*).*

1.11. Процесом транскрипције настаје информациона РНК. Од задате матрице ДНК, настаће ланац иРНК, који има азотне базе у следећем поретку: **UAC-CAG-GGU-GGG**.

1.12.

- б) Дезоксирибоза+фосфорна киселина+тимин
- г) Рибоза+фосфорна киселина+урацил

1.13.

в) рибозомима

1.14.

иРНК: UGG-ACA-UUA

1.15. С обзиром да је у постављеном питању наведена и азотна база урацил, која је пиримидинска, одговор је:

б) Нетачно.

1.16. Транскрипција подразумева преписивање редоследа база матричног ДНК ланца на ланац иРНК.

1.17. Нуклеотид је састављен од азотне базе, пентозног шећера и фосфорне киселине. Нуклеозид у својој структури садржи пентозни шећер и азотне базе, без фосфорне киселине.

1.18. Приликом давања одговора на ово питање, врло је важно да се уочи да је у постављеном питању наведено да се заокружи **нетачан одговор**. У складу са тим, потребно је да се заокружи следеће:

а) Гени су кончасте органеле једра и носиоци су наследног материјала, с обзиром да гени не представљају органеле.

1.19.

а) Нема линеарну структуру.

б) Специфичан триплет база се назива антикодон.

1.20. Као што је већ наведено, пуринске азотне базе, које улазе у састав нуклеинских киселина, без обзира да ли је у питању ДНК, или нека од врста РНК, су: аденин и гуанин, па је одговор на ово питање исти за сва три постављена потпитања.

а) аденин и гуанин

б) аденин и гуанин

в) аденин и гуанин

1.21. Кодони иРНК, који не кодују ни једну аминокиселину тј. они од којих зависи када ће да се заврши процес синтезе протеина се називају терминални или стоп кодони. Они су: UAA (ochre), UAG (amber) и UGA (opal).

1.22. Репликација ДНК ланца се дешава током синтетичког периода интерфазе.

1.23. Ген у хемијском смислу представља одређен редослед нуклеотида молекула ДНК или РНК (неких вируса).

1.24. У ширем смислу, транслација је део процеса синтезе протеина, који следи после транскрипције. У ужем смислу, под појмом транслације се подразумева повезивање аминокиселина у полипептидни ланац (протеин), по обрасцу иРНК. Процес се дешава у ћелијској органели која се назива рибозом.

1.25. Основна улога иРНК је преношење генетичке шифре са кодујућих делова ДНК (егзона) до места синтезе протеина-рибозома.

1.26. Приликом приказивања тражене структуре, неопходно је да се зна да се под појмом кода подразумева триплет азотних база на молекулу ДНК, док је кодон одговарајући, комплементаран, триплет азотних база на молекулу иРНК. С обзиром да комбинацијом четири азотне базе, може да се напише велики број кодова и одговарајућих кодона, један од тачних одговора на постављено питање би био:

ДНК код: AAA

иРНК кодон: UUU

1.27.

б) аминокиселина

1.28. Врло је важно да се приликом приказивања антикодона (специфичних триплета азотних база молекула транспортне РНК) они прикажу одвојени један од другог, јер као што је истакнуто, ова врста РНК нема структуру правог ланца.

Антикодони тРНК: AAA, CCC, GGU, UUA, AAG,

или неких других пет у зависности од комбинације азотних база.

1.29. Кодони иРНК, који не кодују ни једну аминокиселину тј. они од којих зависи када ће да се заврши процес синтезе протеина.

1.30.

информациона РНК (енг. messenger RNA-mRNA)

транспортна РНК (енг. transfer RNA-tRNA)

хетерогена РНК (енг. heterogenous nuclear RNA-hnRNA)

рибозомална РНК(енг. ribosomal RNA-rRNA), поред ових врста РНК, које су директно укључене у процес синтезе протеина, могуће је да се наведу и неке друге, као што су: мала једарна РНК (енг. small nuclear RNA-snRNA), промоторна РНК (енг. promoter RNA-pRNA), криспер РНК (енг. crispr RNA) и др.

1.31. С обзиром да код у структури има три азотне базе, а потребноје да се наведу четири, један од тачних одговора би био:

TTT-AAT-CCA-GGT

1.32.

б) Пиримидинске базе се комплементарно спарују са пуринским базама.

1.33. Кодон је специфичан триплет база иРНК.

1.34. Крајњи производ генске активности су протеини, па у складу са тим гени никако не могу да буду делови протеина. Одговор је:

б) Нетачно.

1.35.

б) Нетачно.

1.36.

в) карбоксилна група

1.37. а) гликозидна б) фосфодиестарска в) водонична. Објашњење: Први С атом шећера се везује за трећи атом N пиримидинске, односно девети атом N пуринске базе **гликозидном хемијском везом**. Фосфатна група се везује естарском везом за молекул пентозног шећера на пети С атом, док се друга ОН група фосфорне киселине естерификује са алкохолном групом шећера другог нуклеотида на трећем С атому. То је тзв. **фосфодиестарска веза**. Трећи тип хемијске везе који улази у грађу ДНК је **водонична веза**, двострука је између аденина једног ланца ДНК и тимина комплементарног ланца, односно трострука између гуанина на једном ланцу ДНК и цитозина на комплементарном ланцу истог молекула ДНК.

1.38.

в) пептидилно и аминокиселино

1.39. Кодон иРНК од којег почиње везивање аминокиселина у полипептидни ланац је најчешће AUG, односно кодон за аминокиселину метионин (met).

1.40. Специфичан редослед нуклеотида молекула ДНК (или РНК неких вируса), који представља функционалну јединицу наследности се назива ген.

1.41. Дати опис одговара транспортној РНК.

1.42. Пиримидинске азотне базе које улазе у састав свих врста РНК су урацил и цитозин. То значи да је тачан одговор на оба постављена потпитања исти:

а) тРНК: урацил и цитозин

б) иРНК: урацил и цитозин

1.43. Захваљујући активности ензима лигаза током процеса саморепродукције ланца ДНК, долази до спајања делова на заостајућем ланцу.

1.44. Окасакијев фрагмент је кратак део (код еукариота у просеку 150 нуклеотида) новонастале ДНК на заостајућем ланцу у процесу репликације ДНК. Разлог због којег настају ови фрагменти је тај што ензим ДНК полимеразе може у континуитету да репликује ДНК само на једном ланцу (главном, водећем), док се други ланац репликује испрекидано у виду Окасакијевих фрагмената, који ће на крају процеса да буду повезани лигазом.

1.45. Прекидање водоничних мостова између комплементарних азотних база у двоструком ДНК ланцу приликом процеса репликације је регулисано радом ензима хеликаза.

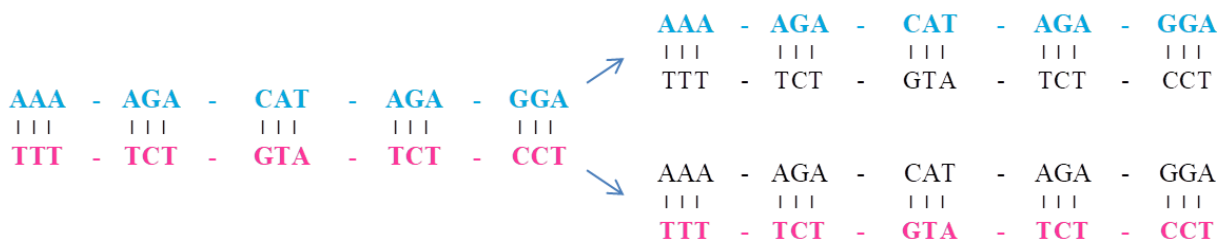
1.46.

ДНК матрица: AAA - AGA - CAT - AGA - GGA

а) Приликом приказивања комплементарног ДНК ланца, неопходно је да буде примењена комплементарност азотних база (А-Т, G-C). Такође, потребно је да се наведу водоничне везе између матричног и комплементарног ланца:

ДНК матрица: AAA - AGA - CAT - AGA - GGA
 ДНК комплементаран ланац: TTT - TCT - GTA - TCT - CCT

б) Приказивање репликације подразумева да се од једног (постојећег) ДНК двоструког ланца, направе два истоветна ланца:



в) Транскрипција је процес преписивања шифре, генетичког кода, са ДНК на молекул иРНК, па је у складу са тим неопходно да се прикаже распоред азотних база на молекулу иРНК, на принципу комплементарности од матричног ДНК ланца:

ДНК матрица: AAA - AGA - CAT - AGA - GGA
 иРНК: UUU - UCA - GUA - UCU - CCU

г) Транслација, тј. повезивање азотних база у полипептидни ланац, се приказује читањем таблице (Прилог 1. Триплети база, кодони иРНК за поједине аминокиселине):

Аминокиселине: PHE-SER-VAL-SER-PRO

На основу структуре иРНК, по одређеном редоследу читања азотних база, добија се одговарајућа аминокиселина. Прво се чита азотна база у редовима са леве стране у табели, затим у колонама у заглављу табеле и на крају трећа азотна база у редовима са десне стране у табели.

Ово је први начин читања табеле. Други начин подразумева да се на основу задате аминокиселине прочита одговарајући кодон иРНК. Иако није потребно за решење овог задатка, читање кодона за аминокиселину леуцин би се урадило на следећи начин:

-пронађе се леуцин у табели (Прилог 1). Одабере се један леуцин и он се даље преводи у кодон иРНК. Нпр. леуцин у трећем реду, прве колоне.

-затим се читају азотне базе по редоследу „лево-горе-десно“, да би се на крају добио триплет иРНК за леуцин: UUA. Да се за читање одабрао следећи леуцин, кодон иРНК би био: UUG. Дакле, разликовао би се од претходног кодона за једну, трећу, азотну базу. Та трећа азотна база у кодону иРНК не одређује аминокиселину, али је неопходно њено присуство у триплету, јер две азотне базе не могу да дају ни једну аминокиселину, као што не могу ни једна, ни четири. Трећа азотна база се назива измењива (променљива), а хипотеза која ово објашњава је „хипотеза непостојаности“ (енг. *wobble hypothesis*), коју су дефинисали Крик (*Francis Harry Compton Crick*, 1916-2004) и Гамов (*George Gamow*, 1904-1968), 1966. године.

д) Антикодони транспортне РНК се одређују по принципу комплементарности азотних база, на основу њиховог распореда на молекулу иРНК. Антикодони се одвајају зарезима, јер како је већ наведено, ова врста РНК није ланац

тРНК: AAA, AGU, CAU, AGA, GGA

2. МОРФОЛОГИЈА ХРОМОЗОМА И ЋЕЛИЈСКЕ ДЕОБЕ

Пре него што се детаљније образложе и наведу тачни одговори на постављена питања из области Морфологија хромозома и ћелијске деобе, неопходно је да буду описани основни појмови, који се појављују у питањима и одговорима. На тај начин, биће олакшано разумевање сложенијих процеса, који се дешавају током деоба ћелија.

Хромозоми (грч. *chromos*-боја, лепо се боје базним бојама) су кончасте органеле једра, које се састоје од спирализованих ланаца дезоксирибонуклеинске киселине (ДНК) и молекула протеина, типа хистона. Број и величина хромозома су специфични за сваку биљну и животињску врсту, укључујући и човека. Ако у природи постоје две врсте које имају једнак број хромозома, они су другачијег облика, величине и најважније различитог филогенетичког порекла.

Када се говори о броју хромозома, значајно је да се укаже на разлике у броју ових органела у телесним и полним ћелијама организама. За телесне ћелије, већине организама (изузетак су нпр. трутови у пчелињем друштву), карактеристичан је диплоидан број хромозома, који се обележава симболом **2n**. Половина овог броја (**n**) означава хаплоидан број хромозома, који се налази у већини полних ћелија, а пре свега у гаметима (хаплоидним полним ћелијама, способним за оплодњу). На тај начин, спајањем хаплоидних гамета женског и мушког пола, настаје нов организам, који има диплоидан број хромозома карактеристичан за одређену врсту, таб. 1.

Табела 1. Број хромозома у појединим биљним и животињским врстама

Врста	Број хромозома
Човек (<i>Homo sapiens</i>)	2n=46, n=23
Винска мушица (<i>Drosophila melanogaster</i>)	2n=8
Говедо (<i>Bos taurus</i>)	2n=60
Кишна глиста (<i>Lumbricus terrestris</i>)	2n=36
Црвени равничарски пацов (<i>Tympanoctomys barrerae</i>)	2n=102
Голуб (<i>Columba livia</i>)	2n=80
Дивља ћурка (<i>Meleagris gallopavo</i>)	2n=82
Хлебна пшеница (<i>Triticum aestivum</i>)	2n=42
Кукуруз (<i>Zea mays</i>)	2n=20
Шећерна репа (<i>Beta vulgaris</i>)	2n=18
Јагода (<i>Fragaria vesca</i>)	2n=14
Шљива (<i>Prunus domestica</i>)	2n=48

Када се хромозом посматра под микроскопом, видљив је као пар нитастих творевина (хромонеме), око којих је обавијен матрикс. Такође, примећује се и већи број хромомера (мала, тачкаста задебљања) и коленаца (места јаче спирализације хромозома). У најширем смислу, хромозом је изграђен од хроматина, који настаје од ланца ДНК и протеина типа хистона и протамина, чија је основна једица грађе нуклеозом. Нуклеозом има 8 молекула хистона и око 140bp (базних парова) ДНК. На тај начин остварује се перласта структура хромозома. Просечна дужина хромозома је 6μm.

Даља микроскопска анализа хроматина показује да има две фракције, које се разликују у густини спирализације молекула ДНК, па се у складу са тим обоје мање или више. Делови који су слабије обојени, где је ДНК релаксиранија, су еухроматински региони хроматина (хромозома) и представљају места праве генске активности. За разлику од тога, хетерохроматин се лакше уочава под микроскопом, јаче је кондензован (јаче се боји) и има важну улогу у процесима синтезе протеина.

2.1. Хромозом је кончаста једарна органела. Његови основни морфолошки делови су:

хроматиде
краци (или крак) и
центромера

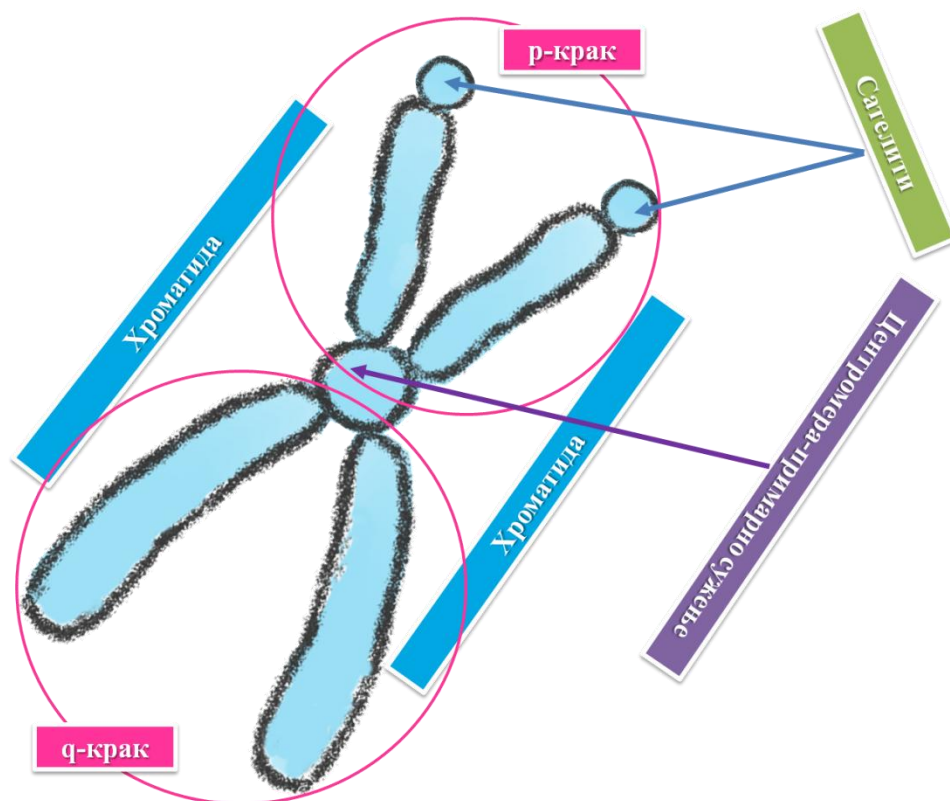
2.2. Центромера је примарно сужење хромозома. Светлије се обоји приликом прављења микроскопских препарата. Одговорна је за кретање и оријентацију хромозома током ћелијских деоба, јер се за њу везују нити деобног вретена. Она дели хромозом на два крака и у зависности од њеног положаја, хромозом може да има различит облик. Нормални облици хромозома су они који имају једну центромеру и заједничким именом се називају моноцентрични хромозоми. У ову групу спадају:

1. метацентричан хромозом-има краке једнаке дужине
2. субметацентричан хромозом-један крак је незнатно краћи од другог крака
3. акроцентричан хромозом-један крак је значајно редукованији од другог крака
4. телоцентричан хромозом-има само један крак

Уколико се током ћелијске деобе догоди оштећење центромере или она у потпуности нестане, она нема способност поновне синтезе (*de novo*), те на овај начин настаје ацентричан хромозом, који не може да се дели и дезоријентисано се креће по једру током деобе.

2.3. Хроматида је уздужна (лонгитудинална) јединица хромозома. Сваки, нормално грађен хромозом, има две хроматиде, које се називају сестринске и повезане су центромером. Удвајање сестринских хроматида се одвија током репликације ДНК ланца.

2.4.



2.5. Сат-хромозом или сателитски хромозом је облик хромозома, који поред центромере има и секундарна сужења, која се налазе на крајевима, најчешће краћег крака хромозома (ако су краци различите дужине). Овај део хромозома је одговоран за образовање једарца (лат. *nucleolus*), па се назива и нуклеоларни организатор. Такође, то је регион хромозома где се синтетише рибозомална РНК.

2.6. Атипични облици хромозома немају центромеру (ацентрични хромозоми) или имају више од једне центромере. Настају услед грешака у току ћелијских деоба или услед деловања различитих мутагенса (хемијских једињења која изазивају наследне промене, мутације) на организам. Такође, могу да настану услед излагања организма различитим врстама јаког радиоактивног или честичног зрачења. Уколико имају две центромере, ови хромозоми се називају дицентрични, док су полицентрични они са више од два примарна сужења.

2.7. Политени (гигантски, циновски) хромозоми настају узастопном деобом хромозома (ендомитозом) у току синтетичког периода интерфазе, при чему не долази до одвајања насталих сестринских хроматида, већ се чврсто држе једна уз другу. На тај начин добија се хромозом који је око 1000 пута шири и око 100 пута дужи од нормалног хромозома. Карактеристика политених хромозома је наизменично смењивање тамније и светлије обојених делова, који представљају места јаче и слабије кондензације ДНК. На политеним хромозомима се образују набрекLINE (енг. *puffs*) и садрже велике количине ДНК. Овај

облик хромозома је први пут изолован из пљувачних жлезда ларви винске мушице. Открио их је Балбијани (*Édouard-Gérard Balbiani*, 1823-1899) 1881. године.

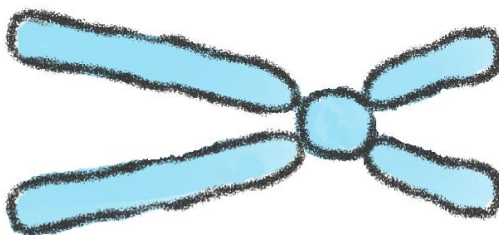
2.8.

б) Нетачно.

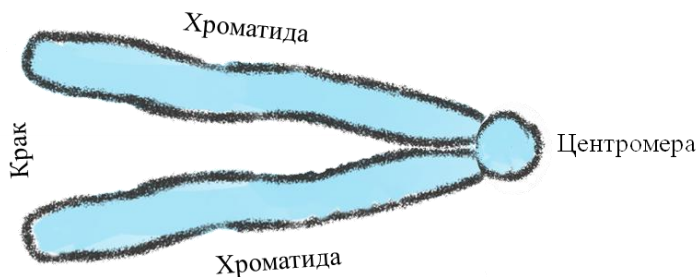
2.9.

г) метацентрик

2.10. Основне морфолошке јединице акроцентричног хромозома су: примарно сужење (центромера), две хроматиде и два крака, од којих је један много краћи од другог:



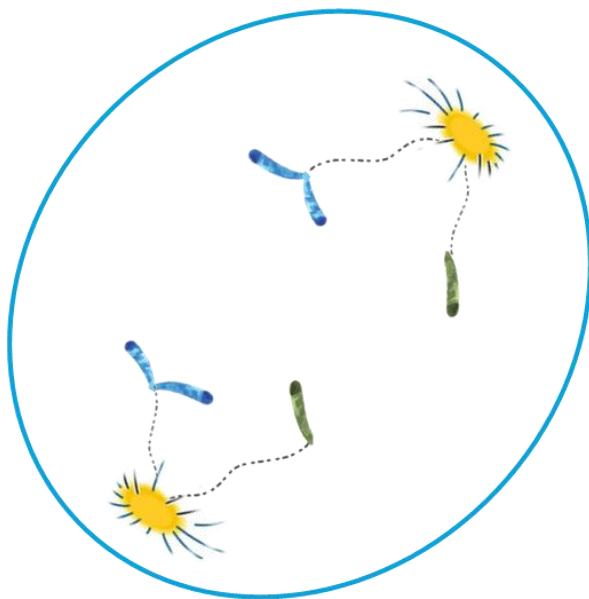
2.11. Морфолошки делови телоцентрика:



2.12. У складу са претходном илустрацијом, закључује се да је тачан одговор на постављено питање:

в) један крак, две хроматиде и једна центромера

2.13. Изглед ћелије, организма који има $2n=2$ хромозома, један метацентричан и други телоцентричан, у анафази митозе.



2.14.

- а) Кариотип је скуп свих хромозома у једној ћелији.
- б) Кариограм представља хромозоме поређане по величини и облику, тј. морфологији.
- в) Идиограм је шематски приказ кариограма.

2.15. Теломере су крајње (терминалне) хромомере хромозома. Оне су неправилно савијене палиндромске секвенце ДНК. Под појмом палиндромских секвенци се подразумева исти редослед читања азотних база на деловима двоструког ДНК (или РНК) ланца. То значи да се читање секвенце у једном смеру ($5' \rightarrow 3'$) подудара са читањем секвенце на комплементарном ланцу у истом смеру ($5' \rightarrow 3'$). Теломере спречавају лепљење крајева хромозома за друге хромозоме или различите краке истог хромозома. Имају улогу у раздвајању сестринских хроматида хромозома током митотске деобе, учествују у чувању генетичког материјала током репликације ДНК. Њихова активност опада са старењем организма.

Пример палиндромске секвенце двоструког ДНК ланца:



Ћелијске деобе

Митоза је процес деобе и повећања броја соматских (телесних) ћелија. Другачије се назива проста или еквациона деоба. У биљном организму, одвија се у врху корена, тачкама раста стабла, семеним пупољцима и меристемским ткивима. Код животиња и људи, процес деобе соматских ћелија се одвија у дубоком слоју покоснице, хрскавичастом слоју између дијафизе и епифизе кости, базалном слоју епидермиса, коштаној сржи, везивним ткивима и слузокожама. Митотска деоба се карактерише геометријском прогресијом, што значи да од једне ћелије настају две, од две четири, од четири осам итд. На тај начин, повећањем броја ћелија, повећава се запремина ткива и органа, што доводи до раста организма.

Митоза је део ћелијског циклуса и дели се на кариокинезу (деоба једра) и цитокинезу (деоба цитоплазме). Други део ћелијског циклуса је интерфаза, која траје између две узастопне ћелијске деобе.

Интерфаза је део ћелијског циклуса који траје у просеку око 19h. Дели се на три периода (фазе) у којима се дешавају значајне биохемијске промене у ћелији. Први период је означен са G1, назива се предсинтетички и у њему долази до одмотавања ДНК хеликса за 180° око своје гликозидне осовине, кидања водоничних веза и добијања два ланца са слободним азотним базама. Синтетски, S, период интерфазе је значајан по томе што у њему долази до репликације ДНК, да би на крају интерфазе у постсинтетском периоду G₂, дошло до синтеза протеина потребних за изградњу деобног вретена и за спирализацију хромозома у наредним фазама митозе. Ћелија у интерфази има диплоидан број хромозома, иако се они не виде јасно са диференцираним морфолошким деловима, већ су дуги, танки и међусобно испреплетани.

Кариокинеза. Профаза: Хромозоми се састоје од две хроматиде повезане центромером. Да би се током деобе лакше кретали, долази до спирализације (скраћивања хромозома), па они постају видљивији под микроскопом. Осим тога, скраћивањем хромозома, еухроматин прелази у форму хетерохроматина, чиме се зауставља активност гена и престаје процес синтезе протеина, све док се не заврши кариокинеза. Код организама на вишем степену развоја, током профазе ишчезава једарце, док код нижих организама остаје присутно током читаве митозе, дели се и одлази на полове или подељено одлази на један или други пол. Долази до пуцања једрове мембране, али она не нестаје, већ се њени делићи приљубљују за хромозоме и са њима „путују“ током целог процеса деобе. Ћелија у профазе има диплоидан број хромозома.

Метафаза: Центромера се причвршћује за нити деобног вретена, а хроматиде крећу ка екваторијалној равни. Центромера сваког хромозома се дели на кинетохоре, од којих је свака орјентисана ка супротном полу. У овој фази хромозоми су јако кондензовани, а једарце није видљиво. Сви описани делови хромозома су видљиви током метафазе. Ћелија у овом периоду кариокинезе има диплоидан број хромозома.

Анафаза: После постављања хромозома у екваторијалну раван и деобе центромере, сестринске хроматиде се одвајају једна од друге, нити деобног вретена се скраћују и на тај начин одвлаче сваку сестринску хроматиду на различит пол деобног апарата. Иако, током анафазе митозе на полове одлазе хроматиде, наводи се да ћелија има 2n+2n број хромозома, јер су оне у том тренутку једини носиоци наследног материјала, свака на свом полу и врло брзо ће се у наредној интерфази удвојити у целе хромозоме.

Телофаза: Након одлажења хромозома (хроматида) на полове, ствара се нуклеарна мембрана, хромозоми се деспирализују, једарце се поново појављује и читаво једро добија изглед као у интерфази. Завршава се цитокинеза и од почетне ћелије мајке настају две ћерке ћелије, које су и квантитативно (имају $2n$ број хромозома) и квалитативно (имају исти генетички материјал) исте и у поређењу једне са другом и у односу на ћелију од које су настале. Најкраће, ово је сврха митозе.

Иако је подељена на фазе, кариокинеза траје у континуитету, у просеку око 80 минута.

Цитокинеза је деоба цитоплазме, односно свих ћелијских органела (осим једра). Код биљака, цитокинеза почиње растом попречне мембране, фрагмопласта, који настаје од хијалинских нити и шири се од средине екваторијалне равни ка зидовима ћелије и на тај начин дели цитоплазму. Животињска цитоплазма се дели на тај начин што се од нити актина и миозина образује петља (омча), која обухвата ћелију по средини, а затим њеним затезањем долази до деобе на две ћерке ћелије.

Мејоза се одвија у полним органима (тучак и прашници биљака, односно тестиси и оваријуми људи и животиња) и њена сврха је редукција диплоидног броја хромозома, како би се добили хаплоидни гамети, чијим спајањем ће да настане диплоидан организам. Овде се, за разлику од митозе, добијају квантитативно и квалитативно различите ћерке ћелије од мајке ћелије. Ћелије које учествују у мејози су мејоците.

Мејоза се одвија кроз две главне фазе:

Мејоза I-редукција $2n$ броја хромозома у n број хромозома

Мејоза II-митоза, али са n бројем хромозома

Ток мејотичке деобе:

У премејотичкој интерфази се одвијају исти процеси као и у интерфази митозе.

Мејоза I. Профаза I је најсложенија фаза мејозе и дели се на следеће периоде:

I Лептотен: Хромозоми се виде као дугачке, танке нити, које су међусобно испреплетене, па једро има мрежасту структуру. На хромозомима се уочавају хромомере. Једарце је јасно уочљиво.

II Зиготен: Долази до спаривања хомологних хромозома (хромозом број 1 из кариограма мајке се спарује са хромозомом број 1 из кариограма оца) на једном или више места дуж хромозома. Та појава се назива синапсис.

III Пахитен: Завршетак спаривања хромозома по целој дужини, при чему два потпуно спарена хомологна хромозома носе назив биваленти (организам који има $2n=18$ хромозома, у пахитену формира 9 бивалената). Места на којима су хромозоми чвршће спојени називају се хијазме. Једарце је видљиво, за њега су причвршћени нуклеоларни организатори.

IV Диплотен: Хромозоми су још јаче кондензовани, нестаје синаптички комплекс. На сваком хромозому се виде хроматиде, па се један пар хомологних хромозома састоји од 4 хроматиде и 2 центромере. Почиње раздвајање хромозома. Хромозоми остају спојени у хијазмама. Једарце се смањује.

V Дијакинеза: Хромозоми биваленти остају спојени само у терминалним хијазмама. У зависности од броја терминалних хијазми, образоваће се прстенасти (енг. *ring chromosome*) или штапићасти (енг. *road chromosome*) хромозом. Једрова опна нестаје,

почиње образовање нити деобног вретена. Завршава се профаза I. Током овог дела мејозе I ћелија има диплоидан број хромозома.

Метафаза I: Нити деобног вретена се причвршћују за центромеру, биваленти се крећу ка екваторијалној равни. Број хромозома је диплоидан.

Анафаза I: Центромера се не дели, па на полове одлазе цели хромозоми са две хроматиде и једном центромером. Један хромозом из бивалената одлази на један пол, а други на други пол. Резултат је да од $2n=18$ настаје 9 хромозома на једном полу и 9 хромозома на другом полу ћелије. Ово је најважнији период мејотичке деобе, јер се управо овде догађа редукција диплоидног броја хромозома на хаплоидан број. У анафази I број хромозома је $n + n$.

Телофаза I: Након одласка хромозома на полове, око групе на сваком полу формира се опна, хромозоми се распоређују по читавом једру. Појављује се једарце. Ствара се попречна мембрана, дели се цитоплазма и настају хаплоидне ћелије дијаде, које заједно улазе у другу мејотичку деобу.

Мејоза II

Између мејозе I и мејозе II нема репликације ДНК.

Профаза II: Дешава се ресорпција једрове опне, спирализација хромозома и стварање нити деобног вретена.

Метафаза II: Током овог дела деобе, хромозоми се распоређују у екваторијалну раван, на митотички начин и почиње деоба центромере.

Анафаза II: Центромере са хроматидама одлазе на супротне полове. Свака хроматида је сада хромозом.

Телофаза II: Око хромозома се образује једрова опна. Настају 4 ћелије, које се називају тетраде, свака са по n бројем хромозома.

Након мејотичких деоба, ћелије улазе у процесе гаметогенеза и постмејотичких деоба, током којих настају гамети, хаплоидне женске и мушке полне ћелије које учествују у оплодњи и настајању новог организма.

Гаметогенезе биљака су макроспорогенеза (настајање јајне ћелије, женског гамета) и микроспорогенеза (настајање мушког гамета, поленовог зрна). Код животиња и људи, ови процеси се називају оогенеза (настајање јајне ћелије, женских гамета жена и женки животиња) и сперматогенеза, настајање сперматозоида, мушког гамета мушкараца и мужјака животиња.

Микроспорогенеза је процес настајања мушког гамета биљака, поленовог зрна и одвија се у мушким полним органима, антерама прашника. Процес почиње стварањем спорогеног ткива, археспоријума, које садржи велики број ћелија. У њима се нагомилава већа количина протоплазме, сазревају и постају материнске ћелије поленовог зрна (диплоидне) од којих почиње микроспорогенеза. Након прве редукционе деобе од ове ћелије настају дијаде (хаплоидне), које улазе у другу мејотичку деобу и образују четири хаплоидне ћелије, тетраде. Након телофазе друге редукционе деобе, тетраде улазе у постмејотичке деобе, при чему настају хаплоидне полне ћелије, микроспоре. Свака микроспора пролази кроз митотичку деобу, али са хаплоидним бројем хромозома. Резултат ове деобе су два једра у свакој микроспори. Ова једра су означена као вегетативно и генеративно и обавијена су заједничком мембраном. Генеративно једро

пролази кроз још једну митотичку деобу, при чему од једног једра настају два генеративна једра. Вегетативно једро се не дели. На овај начин се завршава процес образовања поленовог зрна.

Макроспорогенеза се одвија у плоднику тучка у којем се образује семени пупољак у оквиру којег се издваја једна ћелија која улази у процес макроспорогенезе и назива се материнска ћелија ембрионалне кесе (диплоидна). После прве редукционе деобе, од ове ћелије настају две дијаде, које после друге редукционе деобе дају четири тетраде, а од њих постмејотичком деобом настају четири макроспоре. За разлику од микроспорогенезе, у макроспорогенези три макроспоре престају да расту и нестају. Преостала макроспора даје ембрионалну кесу са два једра. Свако од ових једара се даље дели и настају четири једра, која после још једне деобе дају укупно осам једара. Овакво стање ембрионалне кесе је означено као осмоједарни стадијум. Четири једра се налазе на микропиларном крају ембрионалне кесе, а четири су на њеном халазном крају и свако од једара има своју мембрану. После образовања мембрана, једра се распоређују на следећи начин у ембрионалној кеси: јајна ћелија и две синергиде остају на микропиларном крају, а три антипode се смештају на халазни крај. По једно једро, са сваког краја ембрионалне кесе, одлази у њен средишњи део и око њих се формира заједничка мембрана. Ово једро је секундарно једро ембрионалне кесе. Иако су сва наведена једра хаплоидне полне ћелије, само је јајна ћелија гамет.

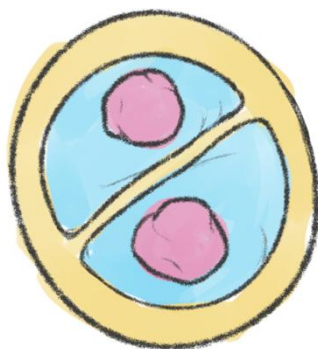
Сперматогенеза је процес који се одвија у семеницима (тестисима), у чијем ткиву се стварају диплоидне сперматогоније, које пролазећи кроз неколико узастопних митотичких деоба дају примарне сперматоците. Примарна сперматоцита, након прве редукционе деобе, се дели на две секундарне сперматоците, које су хаплоидне. Оне пролазе кроз другу редукциону деобу и од сваке настаје по једна хаплоидна сперматидна. Постмејотичким деобама, даљим растом и сазревањем настају мушки гамети људи и животиња, сперматозоиди.

Оогенеза, гаметогенеза која се дешава у јајницима (оваријумима) жена и женки животиња, почиње од диплоидне оогоније, која сазревањем постаје диплоидна примарна ооцита. Ова ћелија пролази прву редукциону деобу и дели се на две ћелије, већу секундарну ооциту и мање поларно телашце првог реда. Хаплоидна секундарна ооцита после друге редукционе деобе даје јајну ћелију и једно поларно телашце другог реда. Поларно телашце првог реда се, после свих фаза мејозе II, дели на два поларна телашца другог реда. Од свих насталих једара само је хаплоидна јајна ћелија женски гамет жена и женки животиња.

Пажљивим читањем описаних гаметогенеза може да се изведе један, заједнички, закључак за све. Обе „мушке“ гаметогенезе на крају дају четири гамета, а на страни женског пола, од једне почетне ћелије, на крају процеса настаје по једна јајна ћелија. Еволуција је на овај начин поделила гамете, да би обезбедила довољне количине и уштеду хранљивих материја за зигот, који ће да настави да расте у нов организам, након оплодње једног женског гамета. Када би, као у микроспорогенези и сперматогенези, током „женских“ гаметогенеза настајала по четири гамета, то би било расипање енергије и хранљивих материја за потомство које би настајало на тај начин, па би и њихов квалитет био доведен у питање.

2.16. **Опис фазе:** Спарени хромозоми (биваленти) почињу да се раздвајају и држе се заједно само на одређеним местима дуж хромозома, хијазмама. Наставља се спирализација хромозома. На основу описа, закључује се да је у питању диплотен, период профазе прве мејозе.

2.17. Телије, крајњи производ прве мејотичке деобе се називају дијаде и имају хаплоидан број хромозома. Изглед дијада:



2.18. Од једне сперматиде настаје један сперматозоид, а свака примарна сперматоцита даје по четири мушка гамета. То значи да од

- а) 2800 сперматиде настаје 2800 сперматозоида, а од
- б) 4500 секундарних сперматоцита, настаје 9000 сперматозоида.

2.19.

- а) анафаза митозе: на полове одлазе хроматиде
- б) анафаза I: на полове одлазе цели хромозоми
- в) анафаза II: на полове одлазе хроматиде

2.20. Једра ембрионалне кесе која немају директну улогу у двострукој оплодњи виших биљака су антиподе и синергиде.

2.21.

- а) метафази митозе: $2n = 104$
- б) анафази мејозе I: $n + n = 52 + 52$

2.22. На слици су приказане тетраде. У свакој од њих је хаплоидан број хромозома.

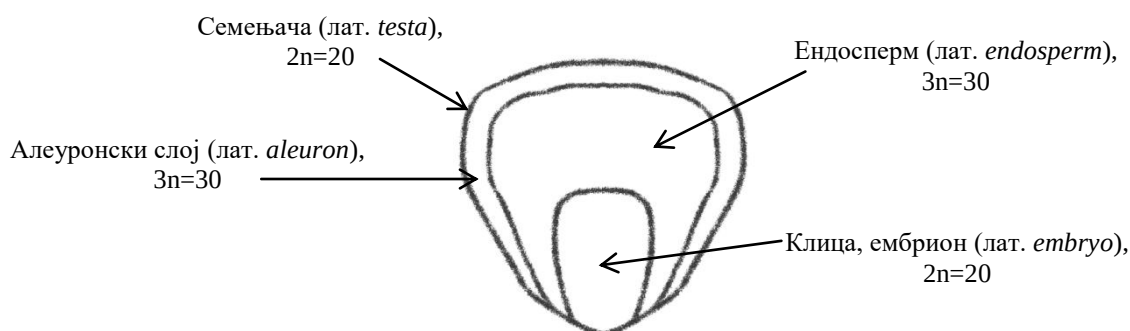
2.23. Од 1500 примарних сперматоцита бика (*Bos Taurus*, $2n = 60$) настаће 6000 сперматозоида.

2.24. Хомологни хромозоми су хромозоми који су исти по облику и величини, исте генетичке структуре, тј. носе гене за исте особине, али се разликују по пореклу. Један хромозом је од мајке, а други хромозом је од оца и налазе се на истим местима у кариограмима родитеља.

2.25. Синаптички комплекс или синапсис је веза која се успоставља између хомологних хромозома у зиготену профазе прве мејозе. То је почетак спаривања хромозома по хомологији.

2.26. Процес стварања мушких гамета хмеља (*Humulus lupulus*) се назива микроспорогенеза и крајњи производ тог процеса је поленово зрно.

2.27.



2.28. Мушки гамет човека (*Homo sapiens*, $2n=46$) се назива сперматозоид и има $n=23$ хромозома.

2.29. Зиготен је период профазе у првој мејотичкој деоби.

2.30. Зигот је оплођена јајна ћелија и има $2n$ број хромозома.

2.31. У ембрионалној кеси свих виших биљака, укључујући и шљиву (*Prunus domestica* $2n=48$) се налазе следећа једра: јајна ћелија са $n=24$ хромозома, две синергиде (у свакој по $n=24$ хромозома), три антипode (у свакој по $n=24$ хромозома) и секундарно једро ($n + n = 24 + 24$ хромозома). У представницима других биљних врста конкретан број хромозома зависи од дате врсте, али је у свим наведеним једрима хаплоидан број.

2.32. Тетраде су хаплоидне полне ћелије које настају на крају телофазе II. Оне су коначан производ мејозе.

2.33. Сврха мејозе је редукција диплоидног броја хромозома на хаплоидан, у циљу поновног спајања хаплоидних гамета у диплоидан организам са бројем хромозома који одговара свакој врсти.

2.34.

в) Једро ћелија биљка се не дели процесом цитокинезе.

2.35. Приликом давања тачног одговора на постављено питање, неопходно је да се уочи да се **тражи нетачан исказ**. То значи да је одговор на постављено питање:

в) Све полне ћелије су хаплоидни гамети.

2.36. Парови су приказани истим бојама.

Фазе ћелијских деоба:

зиготен
пахитен
телофаза I
интерфаза

Генетички појмови:

дијаде
биваленти
синапсис
репликација ДНК

2.37. Парови су приказани истим бојама.

анафаза митозе

телофаза II

пахитен

секундарна ооцита

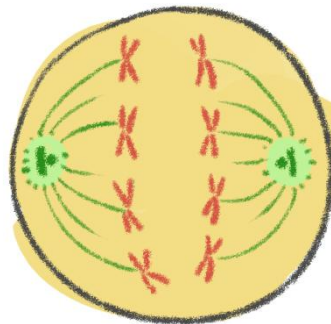
$$2n + 2n = 70 + 70$$

$$2n = 70$$

$$n = 35$$

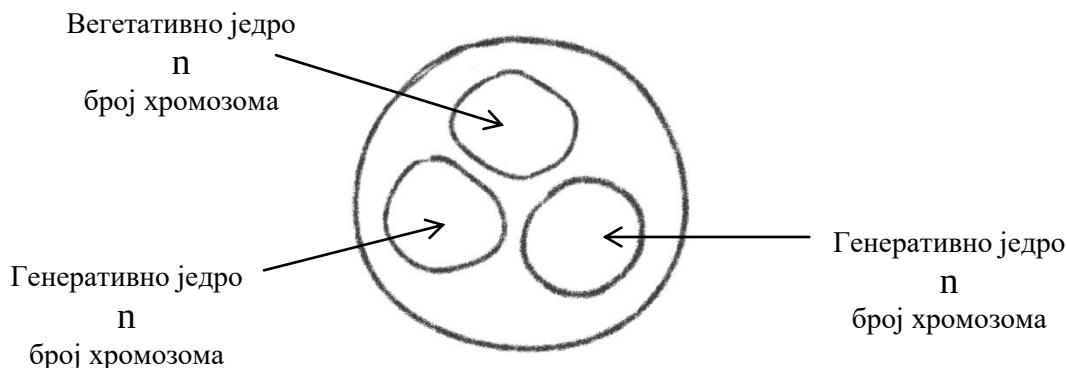
$$n = 35$$

2.38. На слици је приказана анафаза I мејозе. Центромера се не дели, па на полове одлазе цели хромозоми са две хроматиде и једном центромером. Један хромозом из бивалената одлази на један пол, а други на други пол. Резултат је $n+n=4+4$ хромозома.



2.39. Ћелија, крајњи продукт оогенезе се назива јајна ћелија и има хаплоидан број хромозома.

2.40. Шематски приказ мушког гамета виших биљака, поленовог зрна, са хаплоидним једрима која се у њему налазе:



2.41. Укупан број хроматида и центромера, на примеру *Drosophila melanogaster*, у анафази митозе 16+16.

Иако је у питању митоза, ћелијска деоба у којој је диплоидан број хромозома, у анафази ове деобе се број хромозома означава са $2n+2n=8+8$. Међутим, на полове у анафази митозе не одлазе цели хромозоми, већ раздвојене сестринске хроматиде, па је на сваком полу ћелије 8 хроматида (свака са својом центромером).

2.42.

в) Микроспора је хаплоидна полна ћелија настала у микроспорогенези.

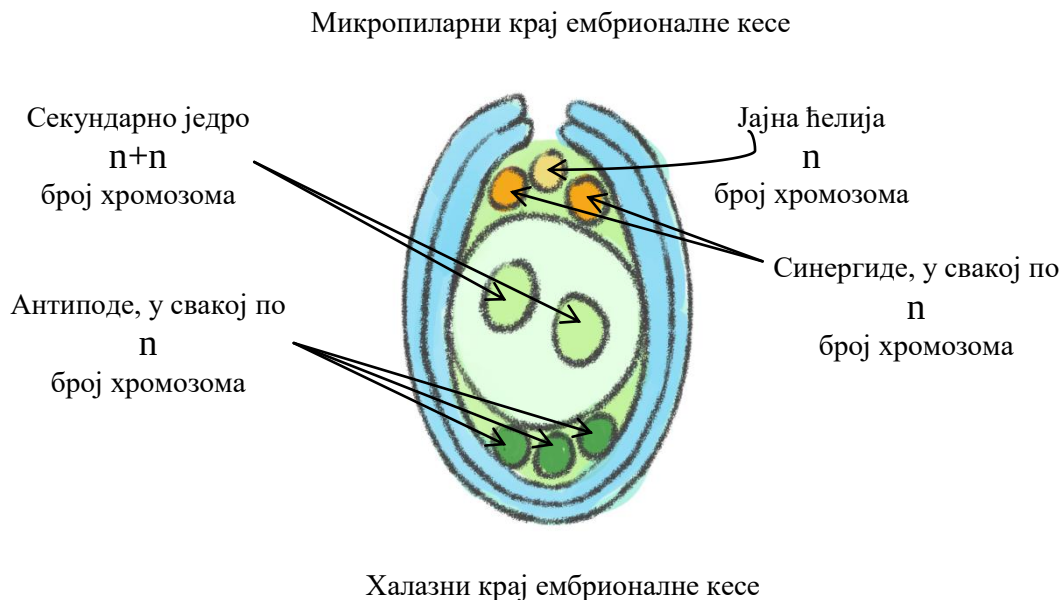
2.43. У постављеном питању је наведено да је пахитен део профазе 1 митозе, а то је:

б) Нетачно.

2.44. На слици је приказана телофаза митозе, јер се уочава трајање цитокинезе и формирање једрове мембране око раздвојених хромозома.

2.45. Поларно телашце првог реда птице кос (*Turdus merula*, $2n=80$) има хаплоидан број хромозома ($n=40$), јер настаје после прве редукционе деобе у оогенези ове врсте.

2.46. На слици је дат уздужни пресек ембрионалне кесе са обележеним једрима која се у њој налазе.



2.47.

в) Макроспора је хаплоидна полна ћелија настала у макроспорогенези.

2.48. Биваленти су парови хомологних хромозома и образују се током пахитена у профазе прве мејотичке деобе.

2.49. С обзиром на облик ћелија, дијада, закључује се да је приказана друга мејотичка деоба. У свакој дијади, хромозоми су распоређени у екваторијалној равни и нитима деобног вретена, преко центромере, повезани за полове деобног вретена. То значи да је приказана метафаза II.

2.50. Да би се исправно навели животињски органи у којима се одвијају одређене гаметогенезе, неопходно је да се зна који је симбол за женски, а који за мушки пол. Симболи, који су приказани у питању, имају широку употребу у генетици, јер означавају полове родитељских конституција, када се изводе укрштања. Из тог разлога, на овом месту, биће објашњено значење наведених симбола:



симбол за женски пол (мајка). Ово је знак римске богиње љубави и лепоте, Венере, односно грчке богиње Афродите.



симбол за мушки пол (отац). Ово је знак римског бога рата, Марса, односно грчког бога Ареса и представља њихов штит и копље.

У складу са датим објашњењем, закључује се да се гаметогенезе одвијају у:

- а)  јајницима (лат. *ovarium*) и
б)  семеницима (лат. *testes*)

2.51. Деоба соматских ћелија, митоза, биљака се одвија у нпр. врховима корена и тачкама раста стабла и у свим меристемским ткивима.

2.52. Стадијуми кариокинезе у митози су:

1. профаза, $2n=12$
2. метафаза, $2n=12$
3. анафаза, $2n+2n=12+12$
4. телофаза, $2n=12$

2.53. Поларно телашце другог реда је хаплоидна полна ћелија, која се образује током оогенезе жена и женки животиња, али није способна за оплодњу, па је одговор на постављено питање:

б) Нетачно.

2.54. Поленово зрно је мушка полна ћелија биљака способна за оплодњу, тј. мушки гамет па је одговор на постављено питање:

б) Нетачно.

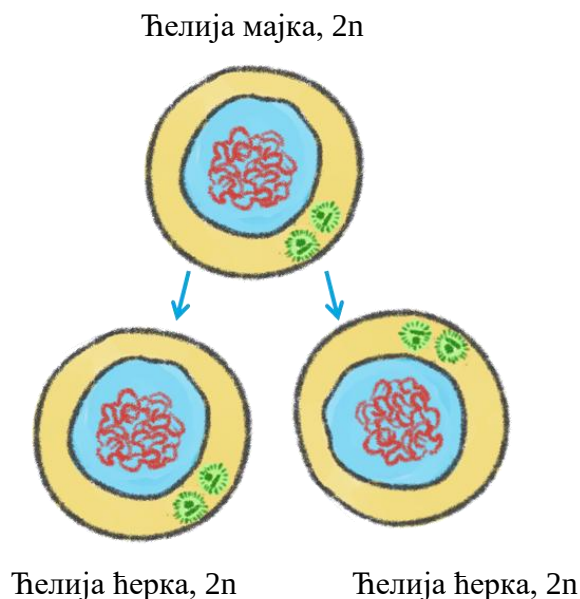
2.55. Редукција диплоидног броја хромозома се дешава у анафази прве мејотичке деобе, па је одговор на постављено питање:

б) Нетачно.

2.56. Пахитен је стадијум у профази прве мејозе, током којег се образују парови хомологних хромозома, биваленти.

2.57. Процес стварања гамета женки животиња и жена се назива оогенеза.

2.58. Сврха митозе је репродукција хромозома и добијање квантитативно и квалитативно истих ћелија ћерки, као што је ћелија мајка. На тај начин долази до раста организма.



2.59. На слици је приказана метафаза. Хромозоми се налазе у екваторијалној равни и нитима деобног вретена, преко центромере, су повезани за полове деобног вретена.

2.60. Зигот или ембрион коња (*Equus caballus*, $2n = 64$) настаје када хаплоидан сперматозоид ($n = 32$) оплоди хаплоидну јајну ћелију ($n = 32$).

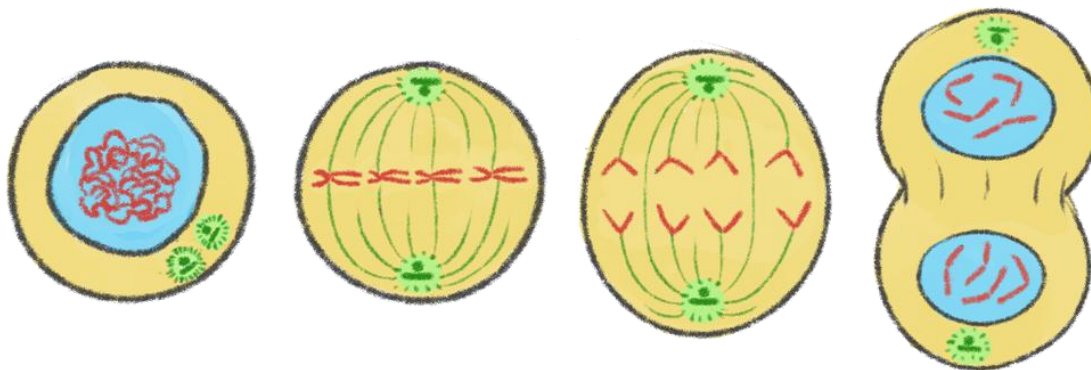
2.61. На слици је приказана анафаза 2. С обзиром на облик ћелија, дијада, закључује се да је приказана друга мејотичка деоба. Хромозоми су подељени на хроматиде, које су раздвојене на супротним половима дијада.

2.62. Пас (*Canis lupus familiaris*) има $2n=78$ хромозома. Број хромозома у:

- а) ћелијама длаке је диплоидан, јер су ово соматске ћелије, $2n=78$
- б) мишићним ћелијама је диплоидан, јер су ово соматске ћелије, $2n=78$
- в) оогонији је диплоидан, јер је ово почетна ћелија у оогенези, која није прошла кроз редукциону деобу, $2n=78$.

2.63. Кроз три периода (предсинтетички, синтетички и постсинтетички) се одвија интерфаза.

2.64. Да би се добио правилан ток деобе једра, неопходно је да се погледа облик и положај хромозома у приказаним ћелијама. Правилан ток кариокинезе може да се прикаже на следећи начин:



ПРОФАЗА

МЕТАФАЗА

АНАФАЗА

ТЕЛОФАЗА

Када се правилан ток упореди са задатом сликом, онда се у празна поља уписују бројеви

2 1 4 3

2.65. Директан производ оплодње мачака се назива ембрион или зигот.

2.66. До удвајања сестринских хроматида долази током репликације ДНК у синтетичком периоду интерфазе.

2.67. Двоструку оплодњу виших биљака је објаснио руски биолог Навашин (*Сергѐй Гаврилович Навашин*, 1857-1930), 1898. године, па се другачије и назива Навашинова двострука оплодња. Када поленово зрно падне на жиг тучка, оно клија у поленову цев, која се издужује под притиском вегетативног једра и долази до микропиларног краја ембрионалне кесе у плоднику тучка. Тада, једна од синергида пуца, при чему поленова цев улази у ембрионалну кесу. Једно генеративно једро полена (n број хромозома) се спаја са јајном ћелијом (n број хромозома) и као производ оплодње настаје зигот или клица биљке ($2n$ број хромозома). Други ниво оплодње подразумева спајање другог генеративног једра полена (n број хромозома) са секундарним једром ембрионалне кесе ($n+n$ број хромозома). Производ ове оплодње је триплоидно хранљиво ткиво клице-ендосперм ($3n$ број хромозома).

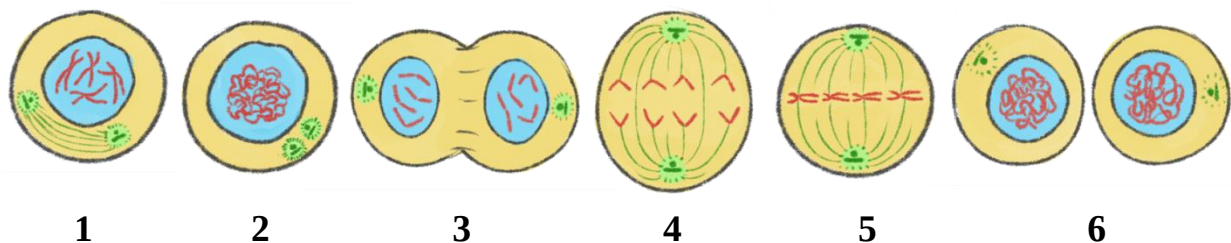
Из објашњења се закључује да је тачан одговор на постављено питање:

г) Једно генеративно једро полена оплоди секундарно једро ембрионалне кесе.

2.68. Цели хромозоми на полове одлазе само током

в) анафаза 1

2.69. На основу објашњења датим у претходним одговорима и приказане слике



закључује се да је тачан одговор на постављено питање

в) 2 1 5 4 3 6

2.70. Лептотен је стадијум профазе прве мејозе. Током овог стадијума хромозоми се виде као дугачке, танке нити, које су међусобно испреплетене, па једро има мрежасту структуру. На хромозомима се уочавају хромомере. Једарце је јасно уочљиво.

2.71. Да би у току микроспорогенезе белог крина или неке друге више биљке, у антерама прашника било образовано 10000 поленових зрна, неопходно је да процес крене са 2500 материнских ћелија полена.

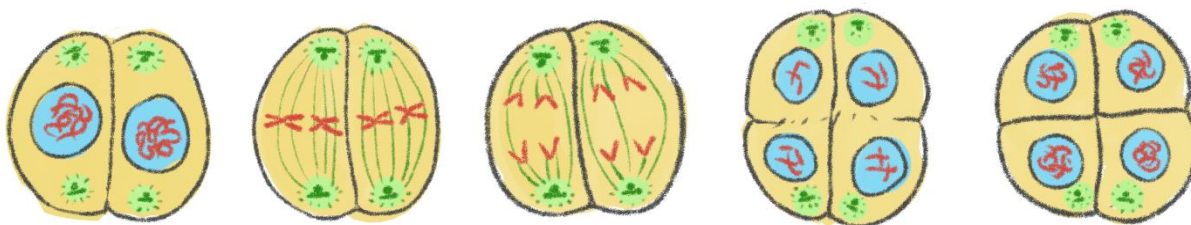
2.72. Мушка полна ћелија која настаје у сперматогенези, али која није гамет је сперматид. Женска полна ћелија која не учествује у оплодњи је нпр. поларно телашце другог реда.

2.73. Ако пшеница (*Triticum monossocum*) има $n=7$ хромозома, онда у:

- а) тетради има $n=7$
- б) ендосперму има $3n=21$
- в) анафази митозе има $2n+2n=14+14$ хромозома.

2.74. Хијазме се образују током диплотена профазе прве мејозе. Оне представљају тачке, чврсте везе у којима су биваленти и даље спојени.

2.75. Да би се добио правилан ток мејозе II, неопходно је да се погледа облик ћелија и положај хромозома у њима. Правилан ток ове деобе може да се прикаже на следећи начин:



Дијаде у
ПРОФАЗИ II МЕТАФАЗА II АНАФАЗА II ТЕЛОФАЗА II ТЕТРАДЕ

Када се правилан ток упореди са задатом сликом, онда се у празна поља уписују бројеви

5 2 4 3 1

2.76. Све наведене тврдње:

- а) Јајна ћелија је женски гамет биљака.
- б) Јајна ћелија је женски гамет женки животиња и жена.
- в) Микроспора није мушки гамет биљака.
- г) Микроспора није мушки гамет мужјака животиња и мушкараца.

су тачне.

2.77. У свакој ћелији ћерки на крају друге мејотичке деобе ће да се налази 12 хромозома.

2.78. Поларно телашце првог реда је:

- в) нефункционална, рудиментисана, полна ћелија настала у оогенези.

2.79. Мејоза женке дивље свиње (*Sus scrofa*) одвија се у:

- а) јајницима

2.80. У синтетичком периоду интерфазе врши се репликација ДНК тј. удвајање хромозома. Производи овог процеса су причвршћени центромером и називају се:

- в) сестринске хроматиде

2.81. На крају мејозе 1, ћелија је имала 12 хромозома, што значи да је редукција хромозома завршена и у свим даљим фазама мејозе ћелија има 12 хромозома. Дакле, тачан одговор је:

- б) 12 хромозома

2.82.

- а) од 5 примарних ооцита настаје 5 јајних ћелија
- б) од 5 оогонија настаје 5 јајних ћелија
- в) од 5 сперматиди настаје 5 сперматозоида

2.83. Процес саморепродукције ДНК се одвија у једру.

3. СТВАРАЊЕ И ОДРЕЂИВАЊЕ ГАМЕТА И НЕЗАВИСНО РАЗДВАЈАЊЕ ГЕНА

За разумевање начина на који се записују комбинације гамета неке индивидуе, али и механизма независног раздвајања гена и да би се дали тачни одговори на велики број питања из ове области, неопходно је да се дефинишу одређени генетички појмови, као што су:

Алел-облик гена. Онај који испољава јачи ефекат над другим (за исту особину) се назива доминантан, док је онај слабијег ефекта рецесиван. Доминантан алел се обележава великим словом (нпр. А), а његов рецесиван облик малим словом (нпр. а). Међутим, односи између гена су често много сложенији од односа доминантно-рецесивно и проучавају се у различитим областима генетике.

Локус-место гена на хромозому.

F₁ генерација-прва филијална генерација (лат. *filius*-син или потомак). Настаје спајањем родитељских гамета.

F₂ генерација-настаје слободном оплодњом гамета F₁ генерације.

3.1. Максималан хетерозигот је индивидуа која у свим локусима приказаних хомологних хромозома има различите алеле. То значи да максималан хетерозигот са 4 пара хомологних хромозома има конституцију: **AaBbCcDd**.

3.2. Да би се написале све генетичке конституције гамета које може да образује нека индивидуа, неопходно је да се преброје парови алела, који су у хетерозиготном стању у задатој конституцији, јер у зависности од тог броја, образоваће се одређен број генетичких конституција гамета. Образац који се примењује приликом одређивања броја различитих комбинација гамета је 2^n , где је n број за колико се хомологних хромозома организам разликује (број хетерозиготних парова у конституцији). Када се одреди број комбинација гамета, важно је да се правилно прикаже на који начин се поједини хромозоми (приказују се словима, која су ознаке алела на одређеним хромозомима) комбинују тј. који хромозом у анафазу прве мејозе одлази на који пол ћелије. Правило које се при томе користи је преузето из комбинаторике, па се прво записује половина (од израчунатог броја комбинација гамета) доминантних алела првог хетерозигота из конституције, па потом исти број рецесивних алела тог хетерозигота, док се сваки следећи хетерозигот расчлањује на једнак број доминантних и рецесивних алела, али се записују наизменично, сваки онолико пута колико износи половина претходно записане групе алела (из претходног хетерозигота). Једноставније речено, уколико се израчуна да нека индивидуа може да образује 16 различитих комбинација гамета (2^4), први хетерозигот ће да се расчлани на 8 доминантних алела и 8 рецесивних алела, следећи хетерозигот ће да се дели на 4 доминантна, па 4 рецесивна, па опет 4 доминантна и 4 рецесивна алела. Следећи пар на 2 доминантна, 2 рецесивна, 2 доминантна, 2 рецесивна и још једном тако. Последњи пар хетерозигота из конституције записиваће се 1 доминантан, па 1 рецесиван и тако до последње, 16. комбинације гамета.

Пример: Наведите све генетичке конституције гамета индивидуе: **AaBbCcDd**.

Решење: $n=4$ (хетерозигота); број комбинација $=2^n=2^4=16$

Гамети:	1. ABCD	9. aBCD
	2. ABCd	10. aBCd
	3. ABcD	11. aBcD
	4. ABcd	12. aBcd
	5. AbCD	13. abCD
	6. AbCd	14. abCd
	7. AbcD	15. abcD
	8. Abcd	16. abcd

На овај начин правилно су записане све генетичке конституције гамета задате индивидуе. Врло је важно да се примети да су хромозоми (слова) у свакој конституцији гамета записани једно уз друго, без зареза између различитих слова. У задатој конституцији приказано је укупно 8 хромозома (4 пара хомологних хромозома), а половина од тог броја (4 хромозома, по један из сваког пара) је хаплоидан број хромозома у гаметама ове индивидуе. Када би конституција нпр. првог гамета била приказана на овај начин: А, В, С, D, значило би да су приказане 4 различите врстегамета са по једним хромозомом, а то је у овом случају потпуно погрешно.

У складу са претходним објашњењем, тачно решење питања:

Напишите све врсте гамета које може да створи генетичка конституција: **BBCcDD** је следеће:

$n=1$, $2^n=2^1=2$ комбинације гамета: **BCD** и **Bcd**

3.3. Хомозигот је индивидуа која у истим локусима хомологних хромозома има исте алеле. Уколико су сви алели доминантни, онда се назива доминантан хомозигот (нпр. **AABBCC**), а када су сви алели у рецесивном облику, онда је рецесиван хомозигот (нпр. **aabbcc**).

3.4. Монохбриди су организми који су хетерозиготни на један пар алела (**Aa**). Они настају укрштањем родитеља који се разликују у једном гену за једну особину. То не значи да имају само једну особину, па је одговор на постављено питање:

б) Нетачно.

3.5. Генетичке конституције гамета индивидуе **aaBBCCDd** су:

aBCD
aBCd
aBcD
aBcd

3.6. Укрштање F_1 генерације (максималан хетерозигот) са рецесивним хомозиготним родитељем се назива повратно тест укрштање. Извођење ове врсте укрштања доприноси откривању непознате генетичке конституције. Уколико се нека особина наслеђује пуном доминацијом, што значи да доминантан хомозигот и хетерозигот имају исте фенотипске манифестације за ту особину (нпр. клас пшенице без осја), онда не може да се зна и генетичка конституција класа (осим ако нисмо сигурни да је у питању сорта пшенице или чиста линија). Клас који има осје је по генетичкој конституцији рецесиван хомозигот. Уколико би се укрштањем пшенице, коју одликује клас без осја (не знамо да ли је доминантан хомозигот или је хетерозигот) са пшеницом која на класу има осје добио однос раздвајања 1:1 по фенотипу, били бисмо сигурни да је клас без осја хетерозигот по генетичкој конституцији, што може да се види из следећег примера:

G-клас без осја
g-клас са осјем

$$\begin{array}{l} \text{♀ } F_1 (Gg) \times \text{♂ } gg \\ \text{gam. } G, g \quad \quad g \\ F_{b1}: Gg, gg \\ 50\% \text{ клас без осја} : 50\% \text{ клас са осјем} \end{array}$$

Потомство настало приказаним укрштањем обележава се симболом F_{b1} где је $b1$ скраћеница од енглеских речи *back cross* што значи повратно укрштање.

3.7. Грегор Јохан Мендел (чеш. *Řehoř Jan Mendel*, 1822-1844.) се сматра оснивачем генетике као науке. Он је први своја запажања и резултате преточио у законе, а себе учинио најпознатијим генетичарем. Менделови „Огледи са биљним хибридами“ (нем. *Versuche über Pflanzen-Hybriden*) из 1865. године се сматрају најважнијим радом у којем се налазе и објашњења Менделових закона. Укрштајући биљке баштенског грашка (*Pisum sativum* L.) и анализујући њихова потомства, дефинисао је доминантност и рецесивност, фенотипску и генотипску једнакост потомака у F_1 генерацији и F_2 генерацију означио као генерацију генетичког раздвајања, односно генерацију највеће варијабилности.

3.8.

б) Нетачно.

3.9. С обзиром да су трихибриди организми хетерозиготни на три пара алела тј. за три особине, њихова конституција је:

г) AaBbCc

3.10. Дихибриди су организми хетерозиготни на два пара алела (AaBb) тј. за две особине. Они настају укрштањем родитеља који се разликују у два гена, одговорна за две различите особине.

3.11. Конституција једног монохибрида би била: Aa.

3.12. При повратном тест укрштању монохибрида добија се однос раздвајања 1:1.

3.13.

б) Хомозиготи у истим локусима хомологних хромозома немају различите алеле.

3.14.

б) aB

ђ) ab

3.15. Фенотипски и генотипски однос раздвајања при повратном тест укрштању дихибрида је 1:1:1:1.

3.16. Под појмом „тест укрштање“ се подразумева укрштање максималног хетерозигота (F_1) са рецесивним хомозиготним родитељем.

3.17. Приликом давања одговора на постављено питање, важно је да се обрати пажња на следеће. На прво читање, могло би да се наведе да је тачан одговор 1:0, јер је F_1 генерација генетичке једнакости. Међутим, ово је нетачан одговор на постављено питање. У питању је наведено да се укрштају два дихибрида. Ако се генетичке конституције дихибрида прикажу са **AaBb** онда произилази следеће:

	♀ AaBb	×	♂ AaBb
gam.	AB		AB
	Ab		Ab
	aB		aB
	ab		ab

С обзиром да слободном оплодњом родитељских гамета настаје F_1 генерација, резултат овог укрштања може да се прикаже Панетовим дијаграмом:

♀ \ ♂	AB	Ab	aB	ab
AB	AABB	AABb	AaBB	AaBb
Ab	AABb	AAbb	AaBb	Aabb
aB	AaBB	AaBb	aaBB	aaBb
ab	AaBb	Aabb	aaBb	aabb

Исте категорије фенотипова потомака, које настају на овај начин су у Панетовом дијаграму обележене на исти начин, а њиховим пребројавањем се добија тачан одговор на постављено питање: $A_B_$ 9/16; A_bb 3/16; $aaB_$ 3/16; $aabb$ 1/16 или само 9:3:3:1.

С обзиром на то да велики број задатака из генетике захтева да се прикажу укрштања одређених родитељских конституција, а затим и анализу фенотипа и генотипа добијених потомака, израда решења може да буде олакшана попуњавањем Панетовог дијаграма. Посебно, има честу примену када родитељи образују већи број различитих конституција гамета. Због тога, важно је да се науче одређена правила Панетовог дијаграма. Уколико су конституције родитељских гамета исте и запишу се као у претходном примеру, онда се уочавају следеће правилности:



Дијагонала хомозигота: $1/4$ потомства



Доминантан хомозигот: $1/16$ потомства



Рецесиван хомозигот: $1/16$ потомства



Дијагонала максималних хетерозигота: $1/4$ потомства

Генотипови доминантни за обе особине $9/16$

♀ \ ♂	AB	Ab	aB	ab
AB	<u>AABB</u>	<u>AABb</u>	<u>AaBB</u>	<u>AaBb</u>
Ab	<u>AABb</u>	<u>AAbb</u>	<u>AaBb</u>	Aabb
aB	<u>AaBB</u>	<u>AaBb</u>	<u>aaBB</u>	aaBb
ab	<u>AaBb</u>	Aabb	aaBb	<u>aabb</u>

3.18.

б) EF

ђ) Ef

3.19. Трихибриди су организми хетерозиготни на три пара алела ($AaBbCc$) тј. за три особине. Они настају укрштањем родитеља који се разликују у три гена, одговорна за три различите особине.

3.20. Генетичка конституција рецесивног хомозигота са 4 пара хомологних хромозома је: **aabbccdd**.

3.21. Парови су приказани истим бојама.

Рецесиван хомозигот	AaBb
Трихибрид	AABBCC
Доминантан хомозигот	AaBbCc
Максималан хетерозигот	aabbcc

3.22. У задатој конституцији су 4 хетерозиготна пара алела, што значи да образује 16 различитих генетичких конституција гамета.

3.23.

б) Хетерозиготи у истим локусима хомологних хромозома немају различите алеле

3.24. Парови су приказани истим бојама.

Пуна доминација монохибрида	9:3:3:1
Тест укрштање дихибрида	3:1
Пуна доминација дихибрида	1:1:1:1
Парцијална доминација монохибрида	1:2:1

3.25. Фенотип је спољашњи изглед индивидуе, који је резултат њене генетичке конституције, утицаја чинилаца средине у којој живи и интеракције генотипа и те средине.

3.26. Место гена на хромозому се назива локус.

3.27.

- а) 1:1
- б) 1:0
- в) 1:2:1

3.28.

- а) Тачно.

3.29. Ако су оба родитеља генетичке конституције **BbDdRr**, онда свако од њих образује по 8 различитих генетичких конституција гамета. То значи да би све конституције њихових потомака могле да буду приказане у Панетовом дијаграму величине 8×8, што би укупно било 64. Прегледајући све написане конституције, могло би да се дође до тачног одговора. Међутим, познавајући правило овог дијаграма које се односи на број рецесивних хомозиготних конституција, без извођења задатог укрштања, може да се одговори да ће само **1/64** имати генотип **bbddrr**.

3.30. На основу датог описа и ознаке алела, закључује се да генетичка конституција **vgvgee** одговара фенотипу кратка крила, црна боја тела.

3.31. Алели су облици гена, а не хромозома, па је одговор на ово питање

б) Нетачно.

3.32.

б) Они су организми који у пуној доминацији у F_2 генерацији остварују однос раздвајања 9:3:3:1.

3.33.

в) BCD

г) Bcd

ђ) BcD

3.34. С обзиром на податак да се ова особина пасуља наслеђује пуном доминацијом, онда и доминантан хомозигот (MM) и хетерозигот (Mm) имају маљаве листове.

3.35. Организми, који у истим локусима хомологних хромозома имају различите алеле се називају хетерозиготи.

3.36. Приказана генетичка конституција је рецесиван хомозигот, а сваки хомозигот образује само једну генетичку конституцију гамета.

3.37. Хомозиготи су:

б) aabbVV

д) OOPPi

ђ) rTTzzOOpHH

с обзиром да у локусима хомологних хромозома имају исте алеле.

3.38. Формула по којој се израчунава број могућих различитих гамета неког организма је 2^n .

4. ИНТЕРАКЦИЈА ГЕНА И МУЛТИПЛИ АЛЕЛИ

4.1.

б) Нетачно.

4.2. Уколико један ген има више од два алтернативна облика, који заузимају исти локус на хомологним хромозомима и одговорни су за другачије фенотипске манифестације исте особине, онда је реч о мултиплим алелима. При томе, на једном локусу хромозома може да буде само један алел. Али, ако се посматра пар хомологних хромозома и познато је да су (у нормалном стању) за једну особину у истим локусима хомологних хромозома присутна два алела (по један на сваком хромозому из пара), онда произилази закључак да су за особине које се наслеђују мултиплим алелима могуће различите комбинације генетичких конституција.

4.3. Ако су родитељи генотипа АВ, онда су могуће генетичке конституције њихове деце, за крвне групе следеће:

$$\begin{array}{ccc}
 \text{♀ АВ} & \times & \text{♂ АВ} \\
 \text{gam.} & & \\
 \text{A, B} & & \text{A, B} \\
 \text{F}_1: & & \text{AA, AB, AB, BB}
 \end{array}$$

4.4. Два везана доминантна алела, од којих један у потпуности замењује други, се називају изоепистатични гени. Одговорни су за наслеђивање особина, које се наслеђују изоепистазом (нпр. облик љуске пастирске торбице *Capsella bursa pastoris* L.).

4.5. Семиепистаза, као тип интералелне интеракције гена се препознаје по фенотипском односу раздвајања у F₂ генерацији 9:6:1:

A_B_	9/16	} 6/16
A_bb	3/16	
aaB_	3/16	
aabb	1/16	

4.6. С обзиром да је боја са више пигмента доминантна над бојом са мање пигмента, при чему интензитет боје зависи од облика алела присутних у посматраној генетичкој конституцији, онда су могуће генетичке конституције мозаик перикарпа кукуруза следеће: $p^m p^m$, $p^m p^o$ или $p^m p^w$.

Из датог примера се закључује да ће мозаик боја перикарпа да се развије уколико је у конституцији присутан ген p^m и уз њега било који други облик гена за боју перикарпа

који је по доминацији рецесивнији од алела p^m (осим ако је конституција хомозигота ($p^m p^m$)).

4.7.

б) доминантна епистаза

4.8. Ако је мајка крвне групе О, а отац крвне групе АВ, њихова деца могу да имају крвне групе А или В (хетерозиготи), како је показано у укрштању:

$$\begin{array}{ccc}
 \text{♀ OO} & \times & \text{♂ AB} \\
 \text{gam.} & & \text{O} \quad \quad \quad \text{A, B} \\
 F_1: & & \text{AO, BO}
 \end{array}$$

4.9. Примери за особине које се наслеђују серијама мултиплих алела су: боја очију винске мушице, боја длаке кунића, боја крзна морског прасета, боја перикарпа зрна кукуруза, аутостерилност биљака, боја косе, боја коже и боја очију људи, крвне групе људи и др.

4.10. Под појмом интраалелне интеракције се подразумева интеракција између гена који су алели. Она се испољава као пуна доминација ($A > a$) или као парцијална доминација, односно интермедијарно наслеђивање ($A = a$).

4.11. Интералелна интеракција гена подразумева деловање два или више гена, који доприносе развоју једне особине. При томе, ови гени нису алели, односно налазе се на различитим паровима хомологних хромозома. Типови интералелне или неалелне интеракције гена се разликују по одређеним фенотипским односима раздвајања у F_2 генерацији и по особинама за које су одговорни (таб. 2).

Табела 2. Типови интералелних интеракција гена

Типови интералелне интеракције	Фенотипови и однос раздвајања			
	A_B_	A_bb	aaB_	aabb
Коепистаза (A≠B)	9	3	3	1
Семиепистаза (A+B)	9	6		1
Изоепистаза (A=B)		15		1
Доминантна епистаза (A>B, b)	12		3	1
Рецесивна епистаза (a>B, b)	9	3	4	
Двострука рецесивна епистаза (a=b)>B, A	9		7	
*Инхибиторни ген **	12		3	1
Инхибиторни ген ***	12		3	1

* инхибиторни ген се обележава симболом I, а његов рецесивни облик са i (фенотипови су онда: A_I_, A_ii, aaI_ и aaii)

** рецесиван хомозигот даје исти фенотип као и ген инхибитор, па се сабирањем истих фенотипова добија однос раздвајања 13:3

*** рецесиван хомозигот даје различит фенотип од гена инхибитора

4.12. Облик кресте кокошака се наслеђује коепистазом:

Орашаста	A_B_	9/16
Ружаста	A_bb	3/16
Грашаста	aaB_	3/16
Обична	aabb	1/16

4.13. Да би родитељи крвне групе А и О могли да добију дете крвне групе О, неопходно је да родитељ, носилац фенотипа А, буде хетерозиготне конституције, АО (приказано у примеру 1). Уколико би био хомозиготан за А крвну групу, дете не би могло да наследи крвну групу О (приказано у примеру 2).

Пример 1:

♀ AO × ♂ OO

gam. A, O O

F₁: AO, OO

Пример 2:

♀ AA × ♂ OO

gam. A O

F₁: AO

Напомена: С обзиром да у тексту задатка није наведено који од родитеља (мајка или отац) су које крвне групе, иста решења задатка би се добила и да су приказана реципрочна укрштања, јер се крвне групе наслеђују независно од полних хромозома.

4.14. Летални гени изазивају смртност јединке у пренаталном или посленаталном периоду, па је у складу са тим одговор на постављено питање:

б) Нетачно.

4.15.

- а) Коепистаза
- б) Семиепистаза
- в) Изоепистаза
- г) Доминантна епистаза
- д) Рецесивна епистаза

В	Облик љуске пастирске торбице
А	Облик кресте кокошака
Д	Боја луковице црног лука
Г	Боја плода бундеве
Б	Облик плода бундеве
А	Боја перја папагаја

4.16. Двострука рецесивна епистаза, као тип интералелне интеракције гена се препознаје по фенотипском односу раздвајања у F_2 генерацији 9:7:

A_B_	9/16	} 7/16
A_bb	3/16	
aaB_	3/16	
aabb	1/16	

4.17. Боја коже човека се наслеђује мултиплим алелима.

4.18. Суплементарни гени су гени који мењају ефекат комплементарних гена. Карактеристични су за особине које се наслеђују двоструком рецесивном епистазом (нпр. боја цвета слатког грашка).

4.19. На основу опадајуће доминације алела одговорних за наслеђивање боје длаке морског прасета: **C (црна боја) > c^k (сепиа) > c^d (крем) > c^a (албино)** и укрштања родитеља албино и сепиа боје, закључује се да су могући фенотипови њихових потомака сепиа и крем, што је приказано следећим укрштањем:

	Албино ♀ c^ac^a	×	Сепиа ♂ c^kc^d
gam.	c^a		c^k, c^d
F ₁ :	c^kc^a , сепиа		c^dc^a крем

4.20. Према истраживању Ландштајнера (*Karl Landsteiner*, 1868-1943.) из 1900. у зависности од присуства врсте антигена у еритроцитима и антитела у крвном серуму, постоје 4 фенотипа крвних група људи у АВО систему: А, В, АВ и О. С обзиром да су у наслеђивање ове особине људи укључена три алела једног гена (А, В и О), од којих А и В имају исти степен доминације, док је алел О рецесиван у односу на њих, могући генотипови су:

Хомозиготна АА крвна група
 Хетерозиготна АО крвна група
 Хомозиготна ВВ крвна група
 Хетерозиготна ВО крвна група
 Хетерозиготна АВ крвна група
 Хомозиготна ОО крвна група

4.21. Ген инхибитор је доминантан ген који спречава деловање другог доминантног гена. На тај начин не долази до испољавања особине за коју је одговоран тај доминантни ген.

4.22. Семиепистазом се наслеђује облик плода бундеве и боја зрна пшенице.

4.23.

а) Семиепистаза	Б	9:3:3:1
б) Коепистаза	А	9:6:1
в) Изоепистаза	Г	12:3:1
г) Доминантна епистаза	В	15:1

4.24.

б) кодоминантни

4.25. Родитељи, који су хомозиготни за А, односно В крвну групу, могу једино да добију дете хетерозиготне АВ крве групе:

	♀ АА	×	♂ ВВ
gam.	А		В
F ₁ :	АВ		

4.26. АВО систем крвних група људи условљен је серијом мултиплих алела А, В и О, при чему је $A = B > O$.

4.27.

а) Тачно.

4.28. Тип интералелне интеракције гена који се препознаје по фенотипском односу раздвајања у F₂ генерацији 9:3:4 се назива рецесивна епистаза. Овим типом интеракције се наслеђују боја длаке коња, боја длаке мишева и др.

4.29. Доминантна епистаза, као тип интералелне интеракције гена се препознаје по фенотипском односу раздвајања у F_2 генерацији 12:3:1.

A_B_	9/16	}	12/16
A_bb	3/16		
aaB_	3/16		
aabb	1/16		

4.30. Комплементарни гени су они који се допуњују у свом деловању. Пример оваквог деловања гена је наслеђивање боје алеуронског слоја зрна кукуруза. Ови гени се налазе на различитим хромозомима у кариограму кукуруза, али је неопходно њихово заједничко присуство у конституцији да би се развила одговарајућа боја (нпр. у присуству три доминантна гена А, С, R, развиће се црвена боја алеурона).

4.31. Кодоминантни гени су гени који имају исти степен доминације (нпр. два доминантна гена који у коепистази дају исти фенотип када су у интеракцији, а различите фенотипове када су раздвојени или алели А и В из АВО система крвних група људи).

4.32. Када два алелна гена условљавају развој исте особине, али један ген прикрива ефекат другог гена, онда се испољава епистаза. Доминантан алел, који прикрива деловање другог доминантног алела се назива **епистатичан**, док је прикривени ген **хипостатичан**.

4.33. Типови неалелних интеракција могу да буду: коепистаза, семиепистаза и изоепистаза (или било која три наведена у табели 2.).

4.34. Приликом давања одговора на ово питање, врло је важно да се уочи да је у постављеном питању наведено да се заокружи **нетачан одговор**. У складу са тим, заокружује се следеће:

б) Комплементарни и суплементарни гени су гени са истим степеном доминације.

4.35. С обзиром да је за тражени фенотип хималајски албино одговоран алел који је рецесивнији од алела одговорних за фенотипове задатих родитеља, једини начин да се добије тражени потомак је да родитељске конституције имају и алел c^h уз алеле за њихову боју:

	Тамни чинчила	×	Светли чинчила
	♀ $c^{ch}c^h$		♂ c^dc^h
gam.	c^{ch}, c^h		c^d, c^h
F ₁ :	$c^{ch}c^d, c^{ch}c^h, \underline{c^dc^h}, c^hc^h$		

Напомена: С обзиром да у тексту задатка није наведено који од родитеља (мајка или отац) су које боје длаке, исто решење задатка би се добило и да је приказано реципрочно укрштање, јер се ова особина кунића наслеђује независно од полних хромозома.

4.36. У семиепистази два невезана доминантна алела (нпр. А и В) контролишу неку особину (нпр. боју зрна пшенице) делујући адитивно.

4.37. Као резултат активности леталних гена долази до смрти индивида у пренаталном или постнаталном периоду. Из тог разлога одговор на постављено питање је:

б) Нетачно.

4.38. Узрок за описану појаву је деловање леталних гена. За испољавање албинизма виших биљака је одговоран рецесиван ген, који када се нађе у хомозиготном облику спречава развој хлорофила, па ове биљке могу да живе док имају резерве хранљивих материја у ендосперму. Албино биљке у усеву су заступљене са око 25%, а то значи да се овај ген у популацији одржава у хетерозиготном стању.

4.39. Облик плода бундеве (*Cucurbita* sp.) се наслеђује семиепистазом:

Спљоштен	A_B_	9/16	} 6/16
Округао	A_bb	3/16	
	aaB_	3/16	
Издужен	aabb	1/16	

5. НАСЛЕЂИВАЊЕ ПОЛА И ПОЛНО ВЕЗАНЕ ОСОБИНЕ

Поред бесполне репродукције неких нижих организама, полно размножавање је најзаступљенији начин одржавања врста у природи. Оно подразумева постојање различитих јединки исте врсте које се разликују у коначним производима гаметогенеза, чијим спајањем ће да настане нови организам. Управо те разлике између две јединке исте врсте, одређују један од два пола, женски и мушки. Међутим, пол је много сложенији појам од тога да ли јединка ствара једну или другу врсту гамета, јер се одликује низом анатомских, физиолошких, али и важних психолошких и социолошких особина.

5.1. Четири основна типа наслеђивања пола у животињском свету, укључујући и човека, који се заснивају на разликама у броју или морфологији полних хромозома су:

1. стеница (*Anasa tristis*) тип ♀ XX × ♂ XO
2. абраксас (*Abraxas grosulariata*) тип ♀ ZW × ♂ ZZ
3. дрозофила (*Drosophila melanogaster*) тип ♀ XX × ♂ XY
4. хаплоидија (*Haploidia*) тип ♀ 2n × ♂ n

Да би се боље разумеле разлике између наведених типова наслеђивања пола, важно је да се дефинишу појмови хомогаметна и хетерогаметна јединка.

5.2. Хомогаметна јединка у односу на полне хромозоме образује једну врсту гамета и од ње не зависи пол потомака. То не значи да ова јединка не може да буде хетерозиготна (или хомозиготна) за особине које се не наслеђују полним хромозомима.

5.3. Хетерогаметна јединка, у односу на полне хромозоме, образује две различите врсте гамета и од ње зависи пол потомства. Она може да буде хомозиготна или хетерозиготна за особине које нису везане за пол.

Стеница тип наслеђивања пола се карактерише постојањем женских јединки које имају један полни хромозом више у односу на мушке индивидуе исте врсте. Први пут ова разлика је уочена код стенице (*Anasa tristis*), 1891. године, када је Хенкинг (*Hermann Paul August Otto Henking*, 1858-1942), разлику објаснио постојањем „X елемента“ у женским јединкама. После њега, 1902. године, МекКланг (*Clarence Erwin McClung*, 1870-1946) је истражујући различите врсте скакаваца (*Caelifera*, *Saltatoria*) доказао присуство додатног X хромозома (енг. *accessory chromosome*) у ћелијама женки. Дакле, по овом типу наслеђивања пола, хетерогаметна јединка је мужјак, који образује две врсте гамета, са X хромозомом и без X хромозома и он одређује пол потомства. Овај тип наслеђивања пола је својствен за највећи број представника инсеката.

Абраксас тип наслеђивања пола је први пут уочен код лептира (*Abraxas grossulariata*), па се по овој врсти тако назива. Карактеристика овог типа наслеђивања пола, који се јавља код свих птица, укључујући и живину је та да пол потомства зависи од јајне ћелије која се образује у процесу оогенезе. Женски гамет, уз гарнитуру телесних хромозома, може да има или полни хромозом Z или полни хромозом W, док мушка

индивидуа образује само једну врсту сперматозоида (посматрано за полне хромозоме) и у њима се налази полни хромозом Z.

Дрозофила тип наслеђивања пола је најраширенији начин наслеђивања пола у природи. Осим винске мушице (*Drosophila melanogaster*) код које је откривен, овај тип наслеђивања пола се јавља код сисара, водоземаца, бодљокожаца, гмизаваца (са изузецима) и великог броја представника риба. С обзиром да људи наслеђују пол по овом типу одређивања пола, он је најбоље проучен. Пол потомства зависи од хетерогаметног мужјака тј. мушкарца, ако се говори о популацијама људи, јер образују две различите врсте гамета у односу на пол (са хромозомом X или са хромозомом Y). Женке животиња и жене образују једну врсту јајних ћелија и не одређују пол потомака.

Ова три начина наслеђивања пола обезбеђују једнаку вероватноћу да се у потомству добију женске и мушке индивидуе (50%:50%). То не значи да у четвртном типу наслеђивања пола (хаплоидија) постоји „трећи пол“, већ овај начин пружа могућност да се добије више потомака женског пола, него мушког. Разлог за то је што природа фаворизује оплодњу (рађају се женке) у односу на развиће без оплодње (настају мужјаци). Ова појава може да се објасни на примеру пчелињег друштва. У заједници пчела постоје две категорије женки: матица (фертилна, најкрупнија индивидуа женског пола и има диплоидан број хромозома) и радилице (диплоидне женке које се не репродукују, све док матица не угине и једна од њих не преузме њену улогу) и једина категорија мужјака, трутови, који су хаплоидни и учествују у оплодњи. За време „свадбеног лета“ трут оплоди матицу, али његови сперматозоиди не долазе одмах до јајне ћелије, већ се складиште у посебној прегради на абдомену женке. Приликом полагања јајних ћелија у саће, неке од њих (највећи број) ће се спојити са трутовим сперматозоидима и оплодити, те ће из њих да се образују диплоидне женке. Из другог, малог броја јајних ћелија, које не буду оплођене, образоваће се мужјаци. Дакле, мушке индивидуе настају партеногенезом (развићем без оплодње) и због тога у свим ћелијама (и телесним и полним) имају хаплоидан број хромозома.

5.4. Сексуални хроматин (полни хроматин) или Барово тело представља један кондензован, неактиван, X хромозом у телесним ћелијама женске индивидуе (ако се пол наслеђује по типу *Drosophila*) или Z хромозом у телесним ћелијама мушке индивидуе (ако се пол наслеђује по типу *Abraxas*). Први га је видео Бар (*Murray Barr*, 1908-1955) у неуронима мачака, 1948 године, па је по њему добио назив.

5.5. Аутозоми су сви хромозоми јединке, осим полних хромозома. То је група хромозома у којима се оба пола подударају. На њима се налазе гени, који условљавају особине које не зависе од пола родитеља, па је резултат директног и реципрочног укрштања исти (нпр. боја очију човека, крвне групе, облик кресте кокошака, боја перја папагаја и сл).

5.6. Холандрични гени су они који су везани за Y хромозом и одговорни су за наслеђивање холандричних особина. Ови гени се налазе у делу акроцентричног Y хромозома који нема хомологни део на метацентричном X хромозому. Ове особине се преносе са очеве на мушке потомке. Холандрични гени учествују у контроли сперматогенезе (тестис детерминантни фактор- TDF) али и у наслеђивању маљавости ушне шкољке.

5.7. Гени, који се налазе на X хромозому мушкарца (и жене) се називају полно везани гени. Они могу да буду доминантни или рецесивни и одговорни су за наслеђивање великог броја особина. Примери особина, који се најчешће јављају у задацима из генетике, а наслеђују се полно везано су рецесивне болести, које су најчесталије код људи из групе болести који се наслеђују овим системом наслеђивања. То су хемофилија, далтонизам, *coloboma iridis*, Душенова мишићна дистрофија и друге.

На примеру далтонизма биће објашњен начин на који се обележавају полно везани гени и које су могућности за генетичке конституције женских и мушких особа за ову особину. Далтонизам је болест која подразумева немогућност разликовања боја, може да буде потпуни (не разликује се ни једна боја) или делимичан (не разликују се црвена, плава или зелена боја) поремећај. Болест је добила име по Џону Далтону (*John Dalton*, 1766-1844) који је болест описао 1798. године. Полно везани гени најчешће имају ознаку почетног слова особине (болести) за чије наслеђивање су одговорни и оно се приказује као експонент на X хромозому. Ако је особина рецесивна, полно везана, онда се доминантан алел не приказује (али се подразумева да је присутан на другом X хромозому). Ако је особина доминантна, полно везана, онда је приказивање доминантног алела обавезно у експоненту хромозома X (нпр. $X^A X^A$ или $X^A X^a$).

d-далтонизам, полно везана особина

Конституције женских особа:

♀ XX здрава
 ♀ $X^d X$ здрава, преносилац болести
 ♀ $X^d X^d$ болесна

Конституције мушких особа:

♂ XY здрав
 ♂ $X^d Y$ бољестан

Из приказа генетичких конституција се види да од рецесивних, полно везаних, болести чешће болују мушкарци, него жене, јер не могу да буду преносиоци особине, као што су хетерозиготне женске конституције.

5.8. Хемизигот је јединка која поседује један алел за једну особину. То значи да су хетерогаметне индивидуе хемизиготне за све полно везане и холандричне особине.

5.9. Најчешћи поремећаји пола људи, који се јављају као последица неправилне оогенезе су: синдром троструког X хромозома, Тарнеров и Клинефелтеров синдром (приказано укрштањем). Исти, али и неки други поремећаји пола (нпр. XYY синдром) могу да настану и као последица неправилне сперматогенезе.

Насатајање најчешћих поремећаја пола људи, услед неправилне оогенезе:

	♀ 44A+XX	×	♂ 44A+XY	
gam.	22A+XX, 22A		22A+X, 22A+Y	
F ₁ :	44A+XXX	44A+XXY	44A+X	44A+Y
	Синдром „triple X“ ♀ 2n=47	Клинефелтеров синдром ♂ 2n=47	Тарнеров синдром ♀ 2n=45	летална конституција
	2 Барова тела	1 Барово тело	без Баровог тела	

5.10. Да би се тачно одговорило на постављено питање, неопходно је да се зна којој класи животиња (сисари-*Mammalia*, птице-*Aves*, гмизавци-*Reptilia*...) припадају задате врсте. На тај начин моћи ће да се одреди која индивидуа је хомогаметна, а која је хетерогаметна и одређује пол потомака. Тачни одговори су:

- а) мужјак мачке, јер је сисар
- б) женка папагаја, јер је птица

5.11. Тип наслеђивања пола, који се карактерише постојањем мужјака са дупло мањим бројем хромозома од женки исте врсте је хаплоидија тип ($\text{♀} 2n \times \text{♂} n$).

5.12. Гинандроморфи су организми који имају и мушке и женске особине. Настају као последица грешака у митотској деоби у раном ембрионалном стадијуму развића. Имају билатералну симетрију (женску и мушку страну). Често се јављају код лептира, инсеката, јастога и краба.

5.13. Тачан одговор подразумева одабир **нетачних тврдњи**:

- б) Женка нилског коња (*Hippopotamus amphibious*) је хетерогаметна јединка.
- в) Женка нилског коња (*Hippopotamus amphibious*) није хомогаметна јединка.

5.14. Житни бауљар (*Zabrus tenebrioides*) као и већина представника инсеката пол наслеђује по стеница (*Anasa tristis*, $\text{♀} XX \times \text{♂} XO$) типу.

5.15. Ако се са **ci** обележи рецесиван, полно везан ген одговоран за наслеђивање *colobome iridis* (болест која подразумева недостатак дела дужице ока), онда ће словно приказана конституција мушкарца оболелог од ове болести да буде: **44A+X^{ci}Y**, а хромозомски приказ је:



5.16. Приликом давања одговора на постављена питања, неопходно је да се уочи да болести попут хемофилије и далтонизма не утичу на број хромозома. Дакле, пажња би требало да се усмери на називе синдрома.

- а) Жена болесна од хемофилије и Тарнер синдрома има $2n=45$ хромозома.
- б) Жена болесна од далтонизма и XXX синдрома има $2n=47$ хромозома.
- в) Мушкарац болестан од далтонизма и Down синдрома има $2n=47$ хромозома
- г) Мушкарац болестан од хемофилије има $2n=46$ хромозома.
- д) Жена болесна од далтонизма има $2n=46$ хромозома
- ђ) Мушкарац болестан од далтонизма и КLINEФелтер синдрома има $2n=47$ хромозома.

5.17. У постављеном питању је прецизирано да свиња има $2n=38$ хромозома. То значи да у гаметима има 19 хромозома (18 аутозомалних и један полни, X или Y, хромозом), па су тачни одговори:

- в) $18A+X$ и
- д) $18A+Y$

5.18.

- а) *Abraxas* тип: голуб (или нека друга врста птице)
- б) *Drosophila* тип: слон (или неки други сисар, водоземац, гмизавац)
- в) *Haploidia* тип: пчела или мрав

5.19. Ни један од понуђених одговора не може да се сматра тачним, јер ни у једном није прецизно наведено на коју ћелију се мисли. Да ли на телесну, или на полну? Да је прецизирано у питању да Барово настаје инактивацијом једног X хромозома у телесној ћелији жене (*Homo sapiens*), то би био тачан одговор.

5.20.

А) <i>Anasa tristis</i> тип	В	Бели медвед
Б) <i>Abraxas</i> тип	Б	Црни лабуд
В) <i>Drosophila</i> тип	Б	Плава ара
Г) Хаплоидија тип	В	Златни ретривер
	Г	Жути мрав
	В	Црвена кобра

Напомена: Ни једна од наведених животињских врста не наслеђује пол по Anasa tristis типу.

5.21. Ако се са d обележи рецесиван, полно везан ген одговоран за наслеђивање далтонизма, онда ће словно приказана конституција жене преносиоца далтонизма да буде: $44A+X^dX$, а хромозомски приказ је:



5.22.

в) хомогаметна

5.23.

д) $44A+X^cX^c$

5.24.

- а) хемофилија (болестан мушкарац)
 б) далтонизам (жена преносилац)
 в) супер женка
 г) XXX синдром

Г	$44A+XXX$
Б	$44A+X^dX$
А	$44A+X^hY$
В	$6A+XXX$

Напомена: Уколико би се испред конституције $44A+XXX$ уписало слово В) супер женка, одговор не би био тачан. Када су у питању женске конституције људи, које су носиоци овог поремећаја у броју хромозома, назив синдрома је „синдром троструког хромозома икса“, док је за представнике других сисара (или дрозофиле, као у примеру) одговарајући назив синдром „супер женка“.

5.25. Наслеђивања пола по *Abraxas* типу, подразумева хетерогаметну женку и хомогаметног мужјака. С обзиром да у питању није наведена посебна врста и није дат податак о броју хромозома, укрштање се приказује на следећи начин:

	♀ ZW	×	♂ ZZ
gam.	Z, W		Z
F ₁ :	ZZ		ZW
	♂ 50%		♀ 50%

5.26. Хемофилија, далтонизам и *coloboma iridis* су особине које се наслеђују рецесивним, полно везаним геном. То значи да понуђеној групи не припада

в) маљавост ушне шкољке
јер се ова особина наслеђује холандричним геном.

5.27. Приликом одабира конституција здравих женских особа, неопходно је да се сагледа број аутозомалних хромозома (44A) и број полних хромозома (XX). Такође, пажња се усмерава и на полно везане гене, при чему се здравом женском особом сматра и она која је хетерозиготна за рецесивне, полно везане особине. У складу са тим, конституције здравих женских особа су:

- в) $44A+X^dX$ и
ђ) $44A+XX$

5.28. Плави кит (*Balaenoptera musculus*) као представник малобројних морских сисара, пол наслеђује по *Drosophila* типу ($\text{♀ } XX \times \text{♂ } XY$).

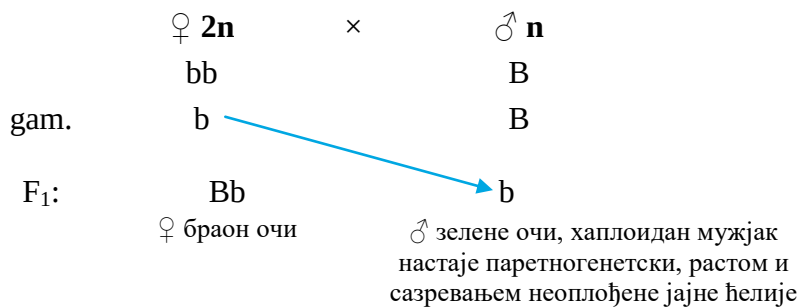
5.29. Хетерогаметне јединке у истим локусима хомологних хромозома не морају увек да имају различите алеле (ако су хомозиготни за неку особину која се наслеђује аутозомално), па је договор на постављено питање:

б) Нетачно.

5.30.

б) Рецесивним полно везаним геном.

5.31. У тексту задатка није наглашено, али се подразумева да је неопходно да се укрштање прикаже у складу са хаплоидија типом наслеђивања пола, јер се анализује боја очију пчела.



5.32. Конституције јајне ћелије и сперматозоида насталих током нормалних гаметогенеза жене и мушкарца имају укупно 23 хромозома. Од тог броја, 22 хромозома су телесни (аутозомални), а 1 хромозом је полни. У складу са датим образложењем, конституције нормалних гамета су

- $22A+Y$ и
 $22A+X$

5.33. Наслеђивања пола по *Anasa tristis* типу, подразумева да мушка индивидуа има један полни хромозом мање од женске индивидуе. С обзиром да у питању није наведена посебна врста и није дат податак о броју хромозома, укрштање се приказује на следећи начин:

	♀ XX	×	♂ XO
gam.	X		X, O
F ₁ :	XX ♀ 50%		XO ♂ 50%

5.34. Хомогаметне јединке у истим локусима хомологних хромозома имају различите алеле, ако су хетерозиготне за неку особину. Независно од тога, оне не недетерминишу пол потомака. То значи да је тачан одговор на постављено питање:

б) Нетачно.

5.35. У постављеном питању је дат опис болести, на основу којег се закључује да је у питању хемофилија. Ако се са ***h*** обележи рецесиван, полно везан ген одговоран за наслеђивање ове болести, онда ће словно приказана конституција оболеле жене да буде: **44A+X^hX^h**, а хромозомски приказ је:



5.36. Мушка и женска индивидуа, исте врсте, пол наслеђују по истом типу. Дакле, мужјак медоносне пчеле (*Apis mellifica*) наслеђује пол по хаплоидија типу.

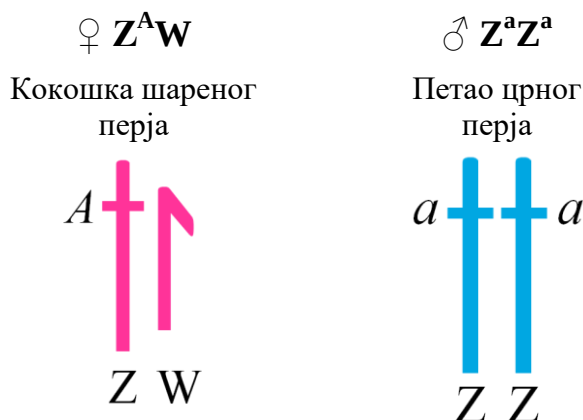
5.37. Индивидуа, која болује од Клинефелтер синдрома има 44 аутозомална хромозома, три полна хромозома (2 X хромозома и 1 Y хромозом). Има 1 Барово тело.

5.38. Жена оболела од Тарнер синдрома има 44 аутозомална и 1 полни хромозом.

5.39. Све наведене врсте животиња пол наслеђују на исти начин, а то је *Drosophila* тип (♀ XX × ♂ XY).

5.40.

A - шарено перје
a - црна боја перја } *полно везана особина*



5.41. Жена оболела од XXX синдрома има 44 аутозомална хромозома, три полна хромозома и два Барова тела.

5.42.

б) Индивидуа која поседује само један алел (A или a).

5.43. У приказаним конституцијама, мушка индивидуа има један полни хромозом мање од женке. То значи да започето укрштање представља приказ наслеђивања пола по стеница (*Anasa tristis*) типу.

	♀ 22A+XX	×	♂ 22A+X
gam.	11A+X		11A+X, 11A
F ₁ :	22A+XX, ♀ 50%		22A+X ♂ 50%

5.44. Иако су врста инсеката, мрави (*Formicidae*) пол наслеђују по хаплоидија типу. Слично пчелињем друштву, мрави живе у заједници, колонијама, које се састоје из великог броја стерилних, бескрилних женки, које образују касте, једне (ретко неколико) фертилних женки (краљица) и хаплоидног мужјака, трута.

5.45. Наведене генетичке конституције могу да добију дете мушког пола које болује од хемофилије, једино уколико је мајка преносилац ове болести. Описани родитељски пар одговара генетичким конституцијама историјских личности, руског цара Николаја Романовог и његове супруге, царице Александре Фјодоровне Романове. На њихом примеру објашњава се наслеђивање хемофилије:

h-хемофилија, рецесивна, полно везана особина

Александра Фјодоровна Романова ♀ 44A+X^hX фенотипски здрава женска особа		Николај Романов ♂ 44A+XY	
gam. 22A+X, 22A+X ^h		22A+X, 22A+Y	
F ₁ : 44A+XX здраве ћерке		44A+X ^h X 44A+X ^h Y болестан син, царевић Алексеј Романов	
		44A+XY здрав син	

Из укрштања се види, да од хемофилије, али и других рецесивних полно везаних болести, много чешће болују мушкарци него жене. Разлог је тај што женска особа, хетерозигот за ове особине, преноси болест, али не болује од ње.

5.46. Да би се дао тачан одговор на постављено питање, неопходна је детаљнија анализа приказаних конституција:

- а) 44A+XY^Y, конституција мушкараца са два Y хромозома, али без Барових тела.
- б) 44A+XX, конституција нормалне женске особе, има 1 Барово тело.
- в) 44A+XY, конституција нормалне мушке особе, нема Барово тело.
- г) 44A+XO, конституција женске особе оболеле од Тарнер синдрома, нема Барово тело.

С обзиром да конституције у примерима под а), в) и г) немају Барова тела, а индивидуа наведена под б) има, јасно је да она (44A+XX), не припада понуђеној групи.

5.47. Највећи број представника биљних врста су хермафродитни (бисексуални организми), који на једној индивидуи имају и женске и мушке полне органе, који стварају одговарајуће гамете. Ове врсте припадају групи једнодомих (моноецијских) биљака. Унутар ове групе, разликују се врсте са једнополним цветовима, односно са посебно мушким и женским цветовима, али на истој биљци. Примери ових врста су: тиква, орах, кукуруз, лешник и др. У другој групи моноецијских биљака се налазе оне које имају двополне цветове, који су својствени за највећи број биљних врста. Неке од њих су пшеница, јечам, ружа, љиљан... Осим овог типа организације полова биљака, постоје и оне врсте где су мушки и женски пол раздвојени на посебним индивидуама. Оне се називају дводоме (диецијске) биљке. Неке од биљних врста из ове групе су: коприва, хмељ, топола, спанаћ, гинко и др.

5.48. Код нижих организама, бактерија, алги и гљива, постоје разлике између полова. Међутим, за разлику од виших организама, где се полови разликују и морфолошки, по

секундарним полним карактеристикама, код ових организама те разлике изостају. Мушки и женски пол код организама нижег степена развоја имају, углавном, физиолошке разлике. Код гљива су то + и – мицелије, код морске алге + и –гамете се спајају под утицајем гамона (посебно хемијско једињење) и сл.

6. ВЕЗАНИ ГЕНИ И CROSSING OVER

6.1.

д) на истом хромозому

6.2. Crossing over представља реципрочну измену делова хроматида хомологних хромозома и дешава се током пахитена профазе прве мејотичке деобе. Последица овог процеса је спајање и раздвајање везаних особина (особина које се наслеђују „у блоку“, генима који имају локусе на истим хромозомима). Један од најзаслужнијих научника, који је објаснио ову појаву и дефинисао хромозомске мапе је био Томас Хант Морган (*Thomas Hunt Morgan*, 1866-1945). Из објашњења произилази да је тачан одговор на постављено питање:

б) Нетачно.

6.3. Хромозомска мапа приказује места гена на хромозому, па је у складу са тим, одговор на постављено питање:

б) Нетачно.

6.4. Да би се тачно одговорило на постављено питање, неопходно је да се детаљније анализује приказани резултат тест укрштања. С обзиром да се из резултата датог укрштања види да је у питању дигени систем наслеђивања особина (гени А и С), онда су могући одговори да су у питању невезани гени, диhibридно наслеђивање, или да су везани гени са, или без crossing over-а. Разлике између понуђених начина наслеђивања могу да се сагледају успостављењем теоријског односа раздвајања датог фенотипског резултата. Када би се успоставио однос раздвајања 1:1:1:1, закључило би се да је у питању независно раздвајање гена, тј. тест укрштање диhibрида. Уколико би однос раздвајања био 1:1, значило би да се особине наслеђују везаним генима, али да је изостао crossing over. У случају када су гени везани и када се у конституцији F₁ генерације догодио crossing over, резултат тест укрштања може да буде 1:X:X:1 (везани гени, crossing over, серија раздвајања) или X:1:1:X (везани гени, crossing over, серија спајања). У оба примера, симболом „X“ се обележавају конституције које нису crossing over и има их „икс“ пута више, него crossing over индивидуа, означених са „1“. Из датог резултата тест укрштања, који представља фенотипове потомства: **AC 125, Ac 12, aC 14, ac 131**, се успоставља теоријски однос раздвајања X:1:1:X, па се закључује да су у питању везани гени, crossing over, серија спајања.

6.5. У питању је наглашено да није реч о наслеђивању типа везани гени, crossing over, серија раздвајања, а то значи да је тачан одговор:

б) Нетачно.

6.6. Образац за израчунавање процента рекомбинација из података тест укрштања је:

$$\% \text{ Crossing over} = \frac{\sum \text{crossing over}}{\sum \text{свих}} \times 100$$

где је:

$\sum \text{crossing over}$ -збир crossing over конституција из резултата тест укрштања
 $\sum \text{свих}$ -збир свих индивидуа (crossing over + оне које нису crossing over) из резултата тест укрштања.

Пример: Израчунајте проценат рекомбинација, ако су резултати тест укрштања, фенотипова потомства:

AC	125
Ac	12
aC	14
ac	131

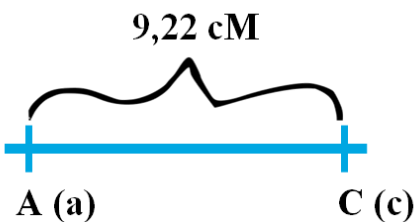
Прво, из резултата тест укрштања је потребно да се одреди начин наслеђивања, да би се знало које су crossing over индивидуе, а које нису. Ово ће да се уради на начин који је описан у 6.4. питању. Из тога се закључује следеће:

AC	125	X	без с. о.
Ac	12	1	с. о.
aC	14	1	с. о.
ac	131	X	без с. о.

па се израчунава % рекомбинација:

$$\% \text{ Crossing over} = \frac{\sum \text{crossing over}}{\sum \text{свих}} \times 100 = \frac{12+14}{125+12+14+131} \times 100 = \frac{26}{282} \times 100 = 9,22$$

Осим што представља вероватноћу догађања crossing over-а између два везана гена, резултат значи и релативну удаљеност ових гена на хромозому и тада се изражава у центиморганима (сМ). На основу тог податка, може је да се конструише хромозомска мапа на којој ће да буду приказане позиције датих гена:



На једном локусу може да се налази или доминантан или рецесиван алел (а не оба) из тог разлога је на приказаној мапи наведено А (а), односно С (с).

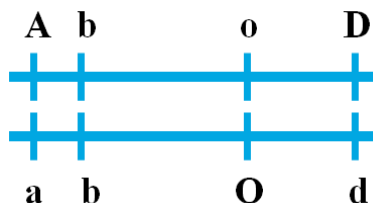
6.7.

а) Везани гени су доминантни и рецесивни гени који се налазе на истом хромозому.

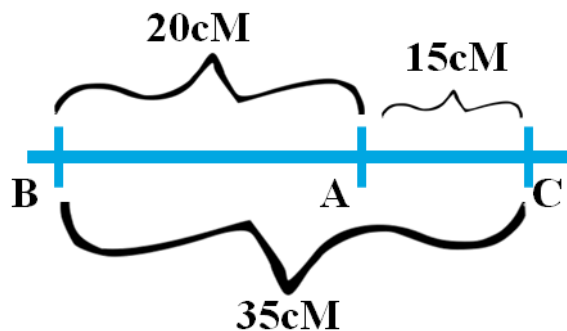
6.8. Из датог резултата тест укрштања: **EP 12, Ep 125, eP 133, ep 13.** се успоставља теоријски фенотипски однос раздвајања 1:X:X:1, па се закључује да су у питању везани гени, crossing over, серија раздвајања.

6.9. Из редоследа алела у приказаних у генетичкој конституцији F₁ генерације се закључује да је настала укрштањем родитеља од којих је један на хромозому имао један доминантан алел (P) и један рецесиван алел (d), а други родитељ један рецесиван (p) и један доминантан алел (D). То указује на раздвајање особина, односно на фенотипски резултат тест укрштања: 1:X:X:1, с обзиром да је у напмени наведено да се crossing over дешава.

6.10. Хромозомски приказ генетичке конституције **AboDabOd**:



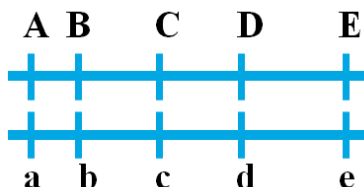
6.11. Да би се конструисала правилна хромозомска мапа и одредила позиција гена на хромозому, прво се на хромозому (приказује се у виду равне линије) одреди позиција два гена који су најудаљенији један од другог (у примеру, то су гени В и С). Затим се на основу следећег највећег растојања одреди позиција трећег гена (ген А). На тај начин се уцртавају позиције свих везаних гена на хромозому. Без обзира на број везаних гена који се налазе на једном хромозому, правило је да збир краћих међусобних растојања мора да буде једнак најдужем растојању (у примеру, 20cM+15cM=35cM). Хромозомска мапа за гене А, В и С:



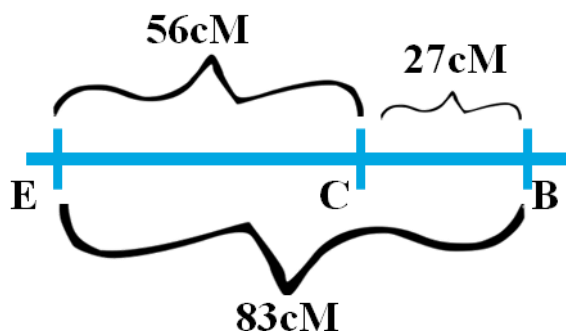
6.12. Приказани однос раздвајања је резултат тест укрштања F_1 генерације са рецесивним хомозиготним родитељем, који се добија за везане гене, crossing over серију спајања, а не у F_1 генерацији, па је одговор на постављено питање:

б) Нетачно.

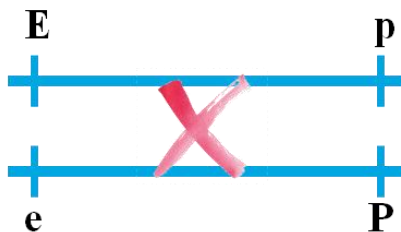
6.13. Хромозомски приказ генетичке конституције **ABCDEabcde**:



6.14. Хромозомска мапа за гене E, B и C се конструише на основу објашњења датог за питање 6.11.



6.15. Резултат тест укрштања указује на везане гене, crossing over, серију раздвајања, па F_1 генерација има генетичку конституцију **EpeP**, односно приказану помоћу хромозома:



6.16. На слици приказаној у постављеном питању, неопходно је да буде уочен симбол прекрштања и измене наследног материјала између хомологних хромозома „X“, који указује на то да се у конституцији догодио crossing over, што значи да ће да се образују 4 различити врсте гамета, а не само 2 које би се образовале да је изостала ова генетичка појава:

Гамет без crossing over-a	AB	
Crossing over gamet	Ab	
Crossing over gamet	aB	
Гамет без crossing over-a	ab	

6.17. Из редоследа алела у приказаних у конституцији F_1 генерације се закључује да је настала укрштањем родитеља од којих је један на хромозому имао један доминантан алел (A) и други рецесиван алел (b), а други родитељ различито од тога (a и B). То указује да су у питању везани гени, серија раздвајања и да су родитељске конституције:

$$\text{♀ } AbAb \times \text{♂ } aBaB, \text{ или реципрочно } \text{♀ } aBaB \times \text{♂ } AbAb$$

6.18. Као и приликом давања одговора на 6.16. питање и овде се на исти начин долази до тачног одговора, па је решење:

Crossing over gamet	AB	
Гамет без crossing over-a	Ab	
Гамет без crossing over-a	aB	
Crossing over gamet	ab	

6.19. Из редоследа алела у приказаних у конституцији F_1 генерације се закључује да је настала укрштањем родитеља од којих је један на хромозому имао оба доминантна алела (S и D), а други родитељ оба рецесивна (s и d). То указује да је један родитељ био доминантан, а други рецесиван хомозигот, што значи да су у питању везани гени, серија спајања и да су родитељске конституције:

$$\text{♀ } SDSD \times \text{♂ } sdsd, \text{ или реципрочно } \text{♀ } sdsd \times \text{♂ } SDSD$$

6.20. Из редоследа алела у приказаних у конституцији F_1 генерације се закључује да је настала укрштањем родитеља од којих је један на хромозому имао један доминантан алел

(P) и један рецесиван алел (d), а други родитељ један рецесиван (p) и један доминантан алел (D). То указује на раздвајање особина, али и на резултат тест укрштања 1:1, с обзиром да је у напмени наведено да се **crossing over не дешава**.

6.21.

а) Crossing over не представља реципрочну измену делова хроматида нехомологних хромозома.

6.22. Један организам има онолико група везаних гена колико износи његов хаплоидан број хромозома. При томе, свака група везаних гена присутна је два пута, уколико је нормално стање организма да је диплоидан. У складу са тим:

а) винска мушица (*Drosophila melanogaster*) има 4 групе везаних гена, јер је $2n=8$

б) човек (*Homo sapiens*) има 23 групе везаних гена, јер је $2n=46$ и

в) кукуруз (*Zea mays*) има 10 група везаних гена, јер његов диплоидан број хромозома износи $2n=20$.

6.23. Crossing over у митози може да се догоди уколико се хроматиде хомологних хромозома нађу близу једна другој (тачније уколико се додирују). У том случају, ако је организам за неку особину хетерозиготан и дође до размене гена који су одговорни баш за ту особину, последица је стварање различитог соматског ткива. Када су микроорганизми у питању, онда може да дође до стварања фенотипски другачијих потомака, као да је дошло до хибридизације.

6.24. Прекрштање хомологних хромозома у мејози и међусобна измена њиховог наследног материјала, може да доведе до стварања нове генетичке варијабилности, јер се ствара већи број гамета за неке особине. Такође, на овај начин може да се „разбије“ негативна корелација појединих везаних особина, те да се добију пожељне рекомбинције где се „спајају“ две позитивне особине, уместо дотадашње везе „негативна и позитивна особина“.

7. УДАЉЕНА УКРШТАЊА

7.1. Удаљена укрштања представљају хибридизацију родитеља, који припадају различитим таксономским категоријама (различитим врстама истог рода, или врста различитих родова). С обзиром да се ове врсте најчешће разликују у броју хромозома, или су хромозоми различитог порекла и другачијих морфолошких особина, ова укрштања врло ретко успевају. Поред хромозома, проблеми могу да буду и физиолошке природе, али и разлике у анатомији полних органа могу да онемогуће извођење ових укрштања. Ипак, у малом броју случајева, удаљена укрштања резултују фертилним потомством и тада дају значајан допринос проширењу генетичке варијабилности.

7.2. Удаљена укрштања се лакше изводе у биљном свету, па у складу са тим постоје одређени начини на које могу да се савладају тешкоће и допринесе позитивном резултату укрштања. Неки од начина су:

1. метод претходног вегетативног зближавања
2. метод посредника
3. метод ментора
4. метод смеше полена
5. метод екстракције жига оца и
6. метод Кузмина

7.3. *Interspecies* хибриди су организми који настају укрштањем различитих врста, које припадају истом роду (укрштање унутар рода). То значи да је одговор на постављено питање:

а) Тачно.

7.4. *Intergenous* хибриди настају укрштањем јединки оних врста које припадају различитим родовима (укрштање између родова). У складу са објашњењем, може да се закључи да је одговор на постављено питање:

б) Нетачно

7.5. *Triticale* је *intergenous* хибрид, који је направио човек са жељом да у новој биљној врсти обједини позитивне особине пшенице и ражи. Тритикале је требало од пшенице да наследи добар протеински састав зрна и потенцијал за принос, а од ражи гене за толерантност према ниским температурама. Тако би се добила житарица, која би могла да се гаји на већим надморским висинама, на којима иначе не успева пшеница, те би од ње у тим крајевима могао да се прави квалитетан хлеб. Производ описаног укрштања није у потпуности испунио задати циљ, с обзиром да се од брашна тритикалеа не добија квалитетан хлеб. Међутим, добијена врста може успешније да се гаји у хладнијим пределима и на киселијим земљиштима. Данас је тритикале у употреби углавном као храна за исхрану стоке, пре свега живине, као испаша, силажа или сено.

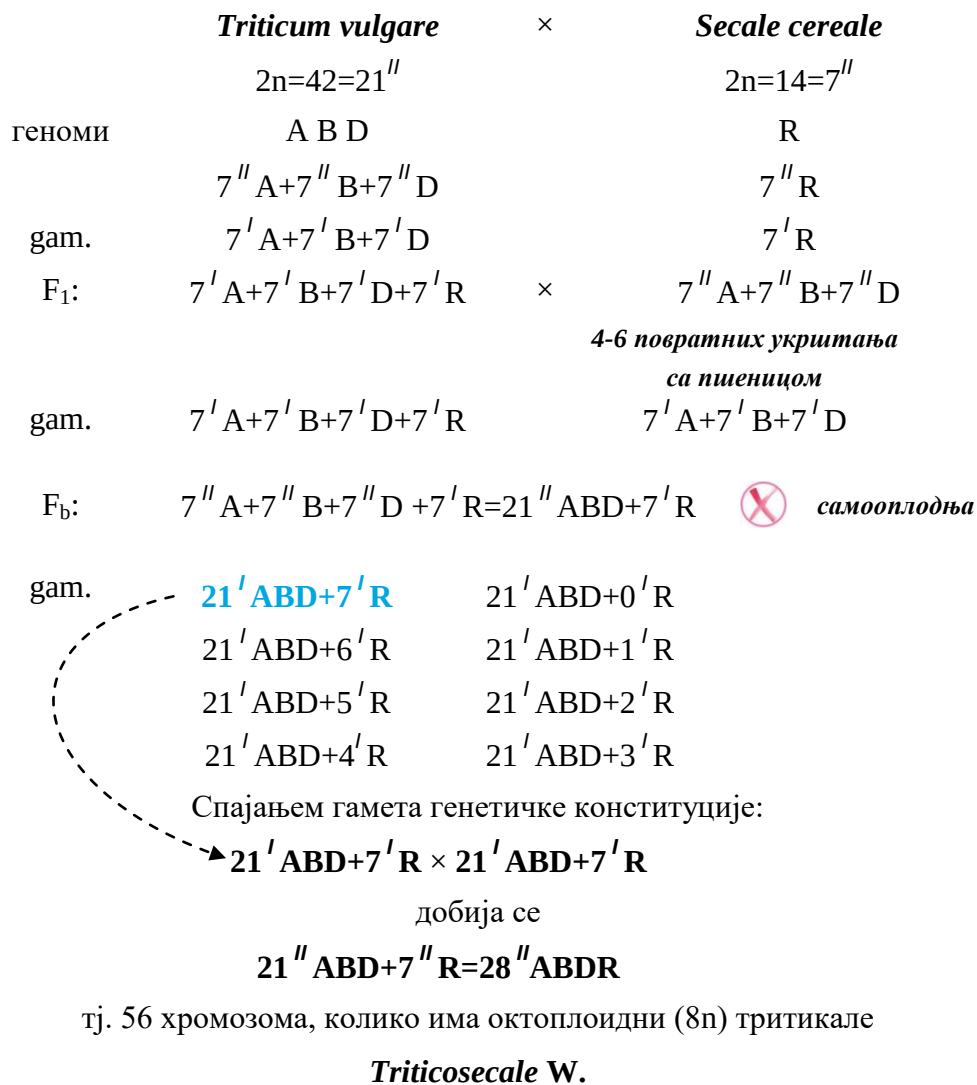
7.6. Хексаплоидни тритикале има $2n=6x=42$ хромозома. Настаје укрштањем тетраплоидне, дурум, пшенице (*Triticum durum*) и ражи (*Secale cereale*).

7.7. Приказ укрштања којим настаје хексаплоидни тритикале:

	<i>Triticum durum</i>	×	<i>Secale cereale</i>
	$2n=28=14''$		$2n=14=7''$
геноми	A B		R
	$7'' A+7'' B$		$7'' R$
gam.	$7' A+7' B$		$7' R$
F ₁ :	$7' A+7' B+7' R$	×	$7'' A+7'' B$
			4-6 повратних укрштања са пшеницом
gam.	$7' A+7' B+7' R$		$7' A+7' B$
F ₂ :	$7'' A+7'' B+7' R=14'' AB+7' R$		 самооплодња
gam.	$14' AB+7' R$		$14' AB+0' R$
	$14' AB+6' R$		$14' AB+1' R$
	$14' AB+5' R$		$14' AB+2' R$
	$14' AB+4' R$		$14' AB+3' R$
	Спајањем гамета генетичке конституције:		
	→ $14' AB+7' R \times 14' AB+7' R$		
	добија се		
	$14'' AB+7'' R=21'' ABR$		
	тј. 42 хромозома, колико има хексаплоидни (6n) тритикале		
	<i>Triticosecale W.</i>		

7.8. Октоплоидни тритикале има $2n=8x=56$ хромозома и настаје укрштањем хексаплоидне, хлебне, пшенице (*Triticum vulgare*) и ражи (*Secale cereale*).

7.9. Приказ укрштања којим настаје октоплоидни тритикале:



7.10. У постављеном питању су тачно наведени родитељи хексаплоидног тритикалеа, али с обзиром да је написано да је *interspecies* хибрид, онда је тачан одговор:

б) Нетачно

7.11. *Raphanobrassica* је *intergenus* хибрид настао укрштањем ротквице (*Raphanus sativus*) и келја (*Brassica oleracea*). Руски биолог Карпеченко (*Георгій Дмитрович Карпеченко*, 1899-1941) је 1928. укрштањем ових врста из породице *Brassicaceae* добио нову врсту, рафанобрасику. Иако су одабрани родитељи који имају исти број хромозома ($2n=18$), због нехомологних генома у којима су распоређени хромозоми, укрштање је дало F₁ хибриде са унивалентним хромозомима, који су се неправилно распоређивали на полаве током деобе. Међутим, код одређеног броја биљака није долазило до мејозе, па су настајали гамети који садрже хромозоме обе врсте. Спаривањем таквих гамета настаје организам који има читав

комплет хромозома и ротквице и кеља ($2n=4x=36$). На тај начин од стерилног F_1 хибрида настаје фертилан амфидиплоид.

	<i>Raphanus sativus</i>	×	<i>Brassica oleracea</i>
	2n=18=9 ^{II}		2n=18=9 ^{II}
ГЕНОМИ	R		B
	9 ^{II} R		9 ^{II} B
gam.	9 ^I R		9 ^I B
F ₁ :	9 ^I R+9 ^I B		
<i>Стерилан хибрид, изостанак редукционе деобе</i>			
<i>резултат ће да буде фертилан амфидиплоид са свим хромозомима</i>			
<i>обе врсте</i>			
	9 ^{II} R+9 ^{II} B = 18 ^{II} RB = 36 хромозома <i>Raphanobrassica</i>		

7.12. *Intraspecies* хибриди настају укрштањем сорти пољопривредних биљака или раса домаћих животиња, које припадају истој врсти. Овај тип укрштања може да се назове и укрштање унутар врсте.

7.13. Аутосиндеза је спаривање потпуно или делимично хомологних хромозома исте гамете и дешава се у профазу прве мејотичке деобе. Уколико се сви хромозоми спарују на овај начин, аутосиндеза је потпуна, док једнострана подразумева спаривање хромозома једног гамета, док у другом остају неспарени (унивалентни). Из описа појаве се закључује да је тачан одговор на постављено питање:

а) Тачно

7.14. Геном је група хромозома који имају исто или слично филогенетско порекло.

7.15. Пример за *interspecies* хибрид биљака би могло да буде укрштање две различите врсте пшенице, које имају хомологне геноме, исти или различит број хромозома:

1. Геноми хомологни, број хромозома једнак:			
<i>Triticum vulgare</i>	×	<i>Triticum spelta</i>	
$2n=42$		$2n=42$	
геноми ABD		геноми ABD	
2. Геноми хомологни, број хромозома различит:			
<i>Triticum vulgare</i>	×	<i>Triticum durum</i>	
$2n=42$		$2n=28$	
геноми ABD		геноми AB	

7.16. Описана укрштања су најчешће навођени примери укрштања између различитих врста истог рода животиња. F₁ хибриди који настају на овај начин су, због непарног броја хромозома у диплоидној гарнитурџ (не образује се нормалан број бивалената у пахитену), стерилни и не остварују потомство.

$$\begin{array}{ccc}
 \text{♀ } Equus\ caballus & \times & \text{♂ } Equus\ asinus \\
 2n=64 & & 2n=62 \\
 \text{gam. } n=32 & & n=31
 \end{array}$$

$$\begin{array}{ccc}
 F_1: & & 2n=63 \text{ хромозома} \\
 & & \text{Мула}
 \end{array}$$

Реципрочно укрштање

$$\begin{array}{ccc}
 \text{♀ } Equus\ asinus & \times & \text{♂ } Equus\ caballus \\
 2n=62 & & 2n=64 \\
 \text{gam. } n=31 & & n=32
 \end{array}$$

$$\begin{array}{ccc}
 F_1: & & 2n=63 \text{ хромозома} \\
 & & \text{Мазга}
 \end{array}$$

7.17. Укрштањем *Triticum vulgare* (2n=42 хромозома, геноми A_t B_t D_t) и *Agropyrum elongatum* (2n=70 хромозома, геноми A_a B_a D_a X_{1a} X_{2a}) могу да се добију фертилне биљке у F₁ генерацији, које имају 56 хромозома, односно 28 бивалената. Ознаке „t“ и „a“, које су наведене у индексима уз ознаке генома наведених врста, представљају почетна слова врста (t-*Triticum*, a-*Agropyrum*) које учествују у укрштању. Хрозоми пшенице (*Triticum vulgare*) из генома A_t, B_t и D_t су хомологни са хромозомима пиревине (*Agropyrum elongatum*), из генома A_a, B_a и D_a. Хромозоми пиревине из генома X_{1a} и X_{2a} немају хомологне геноме са пшеницом, па из тог разлога остају неспарени. Међутим, уколико се деси спаривање хромозома из генома X_{1a} са хромозомима из генома X_{2a}, онда ће да се образују биваленти. Описано спаривање хромозома из генома X_{1a} и X_{2a} представља аутосиндезу, која је приказана наредним укрштањем.

$$\begin{array}{ccc}
 \textbf{Triticum vulgare} & \times & \textbf{Agropyrum elongatum} \\
 2n=42=21'' & & 2n=70=35'' \\
 \text{геноми } A_t B_t D_t & & A_a B_a D_a X_{1a} X_{2a} \\
 7'' A_t + 7'' B_t + 7'' D_t & & 7'' A_a + 7'' B_a + 7'' D_a + 7'' X_{1a} + 7'' X_{2a} \\
 \text{gam. } 7' A_t + 7' B_t + 7' D_t & & 7' A_a + 7' B_a + 7' D_a + 7' X_{1a} + 7' X_{2a} \\
 F_1: & & 7'' A_{ta} + 7'' B_{ta} + 7'' D_{ta} + \underbrace{7' X_{1a} + 7' X_{2a}}_{\text{аутосиндеза}}
 \end{array}$$

у складу са тим, добија се

$$7'' A_{ta} + 7'' B_{ta} + 7'' D_{ta} + 7'' X_{1a}X_{2a}$$

$$21'' ABD + 7'' X_{1a}X_{2a} = 28'' ABDX_{1a}X_{2a} = 56 \text{ хромозома}$$

8. ХРОМОЗОМСКЕ АБЕРАЦИЈЕ И ПОЛИПЛОИДИ

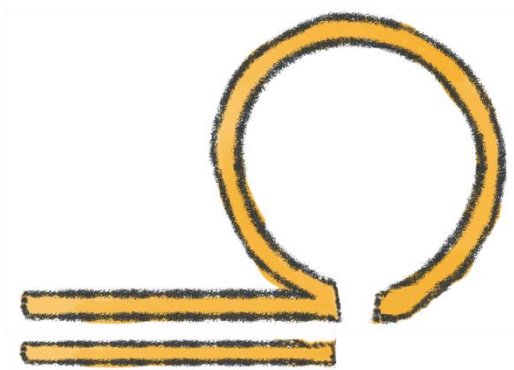
8.1. Хромозомске абериације (лат. *aberratio*-одступање од нормалног стања) су промене у структури хромозома. Ове промене могу да буду хомозиготне и хетерозиготне. Ако су оба хромозома из пара хомологних хромозома обухваћена неком структурном променом, хромозомска абериација је хомозиготна. У случају када је само један хромозом из пара промењен, а други не мења своју структуру, онда је хромозомска абериација хетерозиготна. Хомозиготне абериације не могу цитолошки да се открију микроскопирањем, док се хетерозиготне уочавају под микроскопом, због различитог облика, односно карактеристичних петљи које настају при упаривању хомологних хромозома. Ове промене имају велики утицај на развој организма, углавном су штетне по организм, а у зависности од врсте абериације, понекад и леталне. Осим поделе на ове две групе, структурне промене хромозома се деле на:

1. дефиције (делеције), обележавају се симболом Df
2. дупликације (Dp)
3. инверзије (In) и
4. транслокације (T)

Из датог објашњења, може да се закључи да је тачан одговор на постављено питање:

б) Нетачно

8.2. Дефиције (делеције) су промене у структури хромозома, које подразумевају губитак једног његовог дела. У зависности од тога да ли се хромозом прекида у средини, а затим прекинути део нестаје, или се губи крајња регија хромозома, делеције се деле на: интерстицијалне и терминалне. У случају хетерозиготне делеције, у пахитену се од локуса нормалног хромозома (оних који недостају на промењеном хомоложном хромозому) образује петља, или „лупа“ (енг. *loop*). Изглед бивалената у пахитену у случају хетерозиготне, терминалне делеције:



8.3. На слици је потребно да се уочи да са горњег (дужег) хромозома нестаје део из средине. То значи да је на слици приказана интерстицијална делеција.

8.4. Инверзија је последица прекидања хромозома на два места. Део хромозома који је обухваћен прекидом се окрене за 180° и потом споји са остала два дела хромозома, тако да хромозом остане цео, али са промењеним распоредом гена. Инверзије се деле на парацентричне (центромера није обухваћена прекидом) и перицентричне (центромера се налази на прекинутом делу хромозома и окреће се заједно са њим). У случају хетерозиготне инверзије, током пахитена се образује петља, која убухвата прекинути део хромозома.

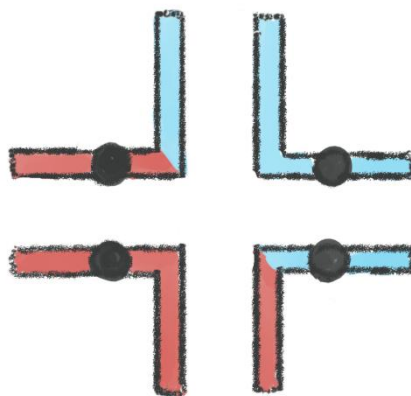
Изглед бивалената у пахитену током парацентричне (лево) и перицентричне (десно) хетерозиготне инверзије:



8.5. Дупликације су тип хромозомских аберација, које подразумевају удвостручење дела хромозома. У зависности од тога где се удвостручени део распореди на хромозому, деле се на дупликације у низу, у обрнутом низу и измештене (померене, дислоковане). Дислоковане дупликације могу да буду на истом краку, другом краку истог хромозома, или на другом хромозому. Дупликације најчешће настају као последица других хромозомских аберација, најчешће дефиција или транслокација. У случају хетерозиготне дупликације, током пахитена се образује петља од дела хромозома који је дуплиран. Изглед бивалената у пахитену у случају хетерозиготне дупликације:



8.6. Транслокације су хромозомске аберације које представљају реципрочне измене делова хроматида нехомологних хромозома. Током пахитена, уколико је транслокација хетерозиготна, образује се петља која се назива „двострука Т“. Она се образује од четири хромозома, односно од два пара хомологних хромозома. Транслокације се обележавају бројем хромозома из кариограма индивидуе, чији делови се реципрочно измењују (нпр. Т 15-21). Изглед бивалената у пахитену, распоређених у двострукој „Т“ петљи.



С обзиром да је у постављеном питању наглашено да је промена између хомологних хромозома, онда је тачан одговор на постављено питање:

б) Нетачно

8.7. Да би се тачно одговорило на постављено питање, потребно је да се уочи разлика у обележеним хромозомским регионима између нормалног и промењеног хромозома. Промењени хромозом има више локуса од нормалног, па се закључује да је у питању дупликација. Ако се пажљивије погледа хромозом после промене, примећује се да је распоред удвостручених региона (DEF), сада FED, па је у питању **дупликација у обрнутом низу: ABC•DEFEDGHI.**

8.8. У потпуности тачан одговор на постављено питање би се добио објашњењем три појма и њиховим повезивањем у једну дефиницију. Неопходно је да се дефинише хетерозиготна аберација, дефиција и прецизније терминална дефиција. То значи да је хетерозиготна терминална дефиција тип структурне промене хромозома, која се догодила на једном хромозому из посматраног пара бивалената, при чему промењеном хромозому недостаје један или више хромозомских региона са краја једног крака.

Пример: Ако нормалан пар хромозома има означене регионе:

ABC•DEFGHI
ABC•DEFGHI

онда ће описана промена да изгледа

ABC•DEF
ABC•DEFGHI

8.9. На датој слици је приказана дупликација у низу.

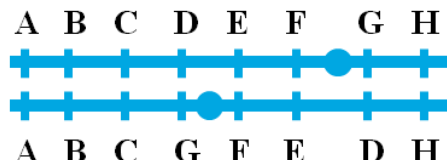
8.10. Хромозом после интерстицијалне делеције за регије С, D и E ће да има следеће регионе: **ABFG**. Заједно са регионима који нестају са нормалног хромозома, губи се и

центромера. Ово је један од начина на који могу да настану ацентрични хромозоми (хромозоми без центромере).

8.11. Хромозом који је промењен парацентричном инверзијом је приказан у примеру:

г) **14325•678**

8.12. Изглед пара хомологних хромозома после хетерозиготне инверзије за регије DEFG:



8.13. Упоредивањем броја и распореда гена на задатом хромозому са хромозомима после одређених аберација, добиће се тачни одговори:

Нормалан хромозом: A•BCDEFGH

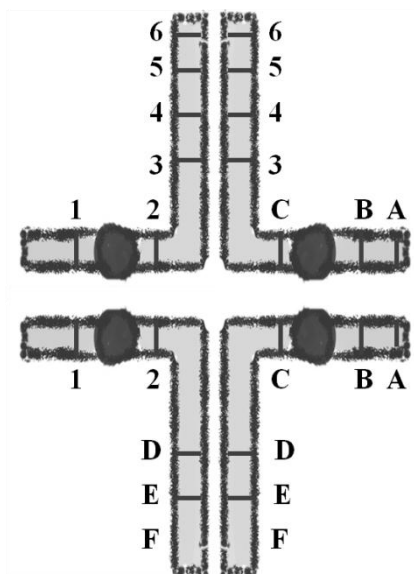
а) **A•BCDEFGH A•B** → дислокована дупликација за регије **A•B**, настао је дицентричан хромозом.

б) **A•BCDEF1234** → транслокација регија GH-1234 (регије GH се налазе на другом хромозому, са којег је откинут део 1234).

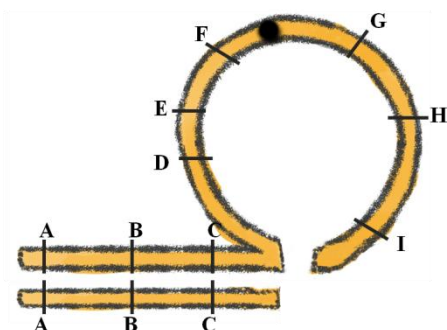
в) **A•BCGH** → недостају регије DEF, па је у питању интерстицијална дефиција.

г) **A•BCDGFEN** → регија EFG је окренута за 180°, центромера је остала на свом месту, па је приказана аберација парацентрична инверзија.

8.14. Конфигурација бивалената у пахитену, у случају хетерозиготне реципрочне транслокације хромозомских регија 3456 и DEF:



8.15. Конфигурација бивалената у пахитену у случају хетерозиготне терминалне дефиције хромозомских регија DEFGHI:



8.16. Нормални организми у телесним ћелијама имају диплоидан број хромозома ($2n$), који је карактеристика врсте којој припадају. Међутим, услед различитих узрока, може да дође до повећања или до умањења нормалног броја хромозома, а последица је настанак полиплоида. Дакле, полиплоиди су :

в) организми са промењеним бројем хромозома у односу на основни број ($2n$)

8.17. Најчешћи узроци који доводе до промена у броју хромозома неког организма су:

а) изостајање редукционе деобе у гаметогенези доводи до стварања гамета који немају нормалан хаплоидан број хромозома, већ број хромозома остаје диплоидан. Спајањем таквих гамета настаје организам са повећаним бројем хромозома.

б) укрштање врста са различитим бројем хромозома доводи до стварања потомства, које ће да се разликује у броју хромозома који су имали његови родитељи (нпр. мула, мазга, тритикале и др).

в) посебни хемијски третмани могу да изазову опструкцију ћелијске деобе. Ометање тока ћелијске деобе се најчешће изводи употребом алкалоида колхицина, изолованог из биљке мрзовац (*Colchicum autumnale* L.), који разграђује нити деобног

вретена, чиме је онемогућено нормално кретање и деоба хромозома, а резултат су соматске ћелије са повећаним бројем хромозома (деловање у току митозе) или гамети са нередукованим бројем хромозома (деловање у току мејозе).

8.18. У зависности од тога колико је хромозома у кариограму индивидуе промењено, полиплоиди се деле на:

1. еуплоиде-промена се односи на промену броја целог хаплоидног комплета хромозома и
2. анеуплоиде-промена се односи на промену броја појединих хромозома кариограма.

Уколико се као критеријум за поделу узме начин на који полиплоиди настају, онда се деле на:

1. аутополиплоиде-промењен је број хромозома истог кариотипа и
2. алополиплоиде-промењен број хромозома је последица укрштања различитих врста, односно различитих кариотипова.

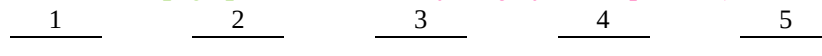
На примеру организма који има $2n=10$ хромозома, у наставку ће да буду приказане врсте еуплоида и анеуплоида, са одговарајућим формулама, приказом хромозомске ситуације у метафази прве мејозе и шематским приказом хромозома. На свим шематским приказима, бројеви 1 2 3 4 5, који су наведени испод одговарајућих формула, представљају места хромозома у кариограму индивидуе.

Еуплоиди

Диплоид (дисомик)

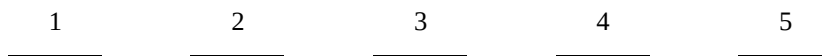
$$2n = 10 = 5^{II}$$

Формула полиплоида = Број хромозома = Ситуација у Метафази 1 (// ознака за бивалент)



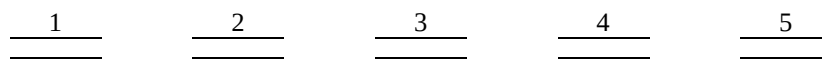
Моноплоид (хаплоид) (/ ознака за унивалент)

$$n = 5 = 5^I$$



Триплоид (/// ознака за триваленте)

$$3n = 15 = 5^{III}$$



Тетраплоид (*IV* ознака за квадриваленте)

$$4n = 20 = 5^{IV}$$

1	2	3	4	5
_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____

Осим наведених основних врста еуплоида, постоје и друге као нпр. хексаплоид, октоплоид, декаплоид, који настају укрштањем гамета које стварају неки од еуплоида из основне групе, или на неки од начина наведених у одговору на питање 8. 15.

Анеуплоиди-основна подела

Моносомик

$$2n-1 = 9 = 4^{II} + 1^{I}$$

1	2	3	4	5
_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____

Нулисомик

$$2n-2 = 8 = 4^{II}$$

1	2	3	4	5
_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____

Трисомик

$$2n+1 = 11 = 4^{II} + 1^{III}$$

1	2	3	4	5
_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____

Тетрасомик

$$2n+2 = 12 = 4^{II} + 1^{IV}$$

1	2	3	4	5
_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____

Анеуплоиди-комбинације

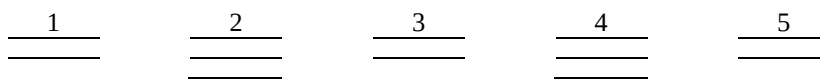
Моносомик-нулисомик

$$2n-1-2 = 7 = 3^{II} + 1^{I}$$

1	2	3	4	5
_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____

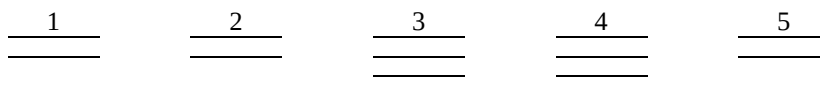
Двоструки трисомик

$$2n+1+1 = 12 = 3'' + 2'''$$



Тетрасомик-трисомик

$$2n+2+1 = 13 = 3'' + 1'''' + 1'''$$



8.19.

- а) $2n-2-2-1=17$: динулисомик-моносомик
- б) $2n+1+1=24$: двоструки трисомик
- в) $2n+1-2-1=20$: трисомик-нулисомик-моносомик

8.20. Према поделама полиплоида приказаних у одговору на 8.16. питање, *Triticale* је према првој подели у групи еуплоида, јер може да буде тетраплоид, хексаплоид или октоплоид (цео комплет хромозома је промењен), док је по другој подели представник алополиплоида, јер настаје укрштањем различитих врста (пшеница $\times$ раж).

8.21. Организам који има тачно 10 пута већи број хромозома од његовог хаплоидног броја припада групи еуплоида, назива се декаплоид и има формулу $10n$. Број хромозома неког организма се ретко увећава више од 10 пута, јер би већи број хромозома вршио притисак на кариотеку, која би пукла и изазвала пропадање једра, односно ћелије и организма. Представници ове групе полиплоида су искључиво биљне врсте, јер еуплоидија код животиња (ако се изузме диплоид и хаплоидан гамет) није могућа. Декаплоиди који се производе су јагода (*Fragaria vesca*, $2n=10x=70$) и хризантема (*Chrysanthemum* sp., $2n=10x=90$). Ови полиплоиди су посебно цењени у цвећарству, јер су једра која имају више хромозома смештена у ћелијама већих запремина, а оне граде и већа ткива и органе (у овом примеру цвет), који имају већу економску цену.

8.22. Као и тритикале, *Raphanobrassica* је представник еуплоида и алополиплоида.

8.23. Анеуплоид кукуруза, који има два пара хромозома више од нормалног броја се назива двоструки тетрасомик. Његова формула, број хромозома и начин на који се хромозоми распоређују у метафази прве мејозе, приказују се на следећи начин:

$$2n+2+2 = 24 = 8'' + 2''''$$

8.24. Дисомик је организам који има $2n$ број хромозома.

8.25. На слици је приказан двоструки моносомик: $2n - 1 - 1 = 6$ хромозома.

8.26. Униваленти тј. неспарени хромозоми се образују код хаплоида (моноплоид) и код моносомика.

8.27. Очекиван број хромозома у гаметима моносомика је:

в) n и $n-1$

Напомена: Важно је да се обрати пажња да се у 8.27. не тражи одговор на питање која је формула моносомика, већ конституција његових гамета.

8.28. Организам који има тачно 3 пута већи број хромозома од свог хаплоидног броја припада групи еуплоида, назива се триплоид и има формулу $3n$. Триплоиди који су пронашли примену у пољопривредној производњи су шећерна репа (*Beta vulgaris* L., $2n=3X=27$), грожђе (*Vitis vinifera* L., $2n=3X=57$), лубеница (*Citrulus vulgaris* L., $2n=3X=33$) и др.

Осим ових примера, који се користе за исхрану људи, постоји велики број примера полиплоидних биљних врста које се користе за исхрану животиња. Ово се посебно односи на биљне врсте са повећним бројем хромозома (не само триплоиде), јер имају бујније хабитусе (више зелене лисне и стабљичне масе), па се користе за силажу и за исхрану у сировом стању. Неки од таквих полиплоида су: хибридни љуљ (*Lolium* sp., $2n=4X=36$), тетрploидна црвена детелина (*Trifolium pratense* L., $2n=4X=28$), тетрploидна хељда (*Fagopyrum esculentum*, L., $2n=4X=32$), тетраploидна раж (*Secale cereale*, L., $2n=4X=28$) и др.

8.29. Двоструки трисомик је организам који на два места у кариограму има по један хромозом више. Односно, на тим местима образује триваленте, а не биваленте, као што се дешава у нормалним случајевима диплоидног ($2n$) броја хромозома.

8.30. Формула, број хромозома и ситуација у метафази I за наведене полиплоиде:

а) моносомик-трисомик: $2n-1+1 = 20 = 8^{II} + 1^I + 1^{III}$

б) моноплоид: $n = 10 = 10^I$

в) тетрасомик-нулисомик: $2n+2-2 = 20 = 8^{II} + 1^{IV}$

8.31.

б) Нетачно

8.32.

а) моносомик-трисомик

б) тетрасомик

в) нулисомик

г) тетраploид

д) моноплоид

Г	$4n$
Д	n
В	$2n-2$
А	$2n-1+1$
Б	$2n+2$

8.33. Анеуплоид *Drosophila melanogaster*, коме недостаје један пар хромозома и има један хромозом више од нормалног броја хромозома се назива нулисомик-трисомик. Његова формула, број хромозома и начин на који се хромозоми распоређују у метафази I, се приказују на следећи начин:

$$2n-2+1 = 7 = 2'' + 1'''$$

8.34. Квадриваленти подразумевају такву хромозомску конфигурацију при којој се на једној хромозомској позицији у кариограму не налази пар хомологних хромозома, већ их има 4. То значи да су својствени за тетраплоиде и тетрасомике.

8.35. У најширем смислу нулисомик (формула $2n-2$) би могао да се дефинише као организам коме недостају два хромозома, али то није у потпуности тачно, јер то није недостатак једног хромозома са једног места у кариограму и још једног са неког другог места у кариограму, већ недостатак једног пара хромозома (недостају оба хромозома са истог места у кариограму). Из тог разлога, одговор на постављено питање је:

б) Нетачно

8.36. Слично претходном објашњењу, за тетрасомик не може да се каже да има (било која) два хромозома у вишку, већ се дефинише као организам који на једном месту у кариограму има један пар хромозома више, па је одговор на постављено питање:

б) Нетачно

9. ВЕЛИКА ПОПУЛАЦИЈА

9.1. Велика популација је група индивидуа исте врсте, које се налазе на одређеном простору, у одређеном времену и репродукујући се слободном оплодњом, деле заједничке генетичке информације.

9.2. Под појмом слободне оплодње се подразумева могућност да свака мушка индивидуа оплоди било коју женску индивидуу, односно да сваки женски гамет може да буде оплођен од било ког мушког гамета у популацији. При томе, индивидуе чине међусобно зависну заједницу и деле заједничке генетичке информације.

9.3. Генетичку конституцију велике популације чине гени (основне јединице наследне основе, које се преносе са родитеља на потомство) и генотипови (индивидуе, које живе у одређеној популацији). Под претпоставком да не долази до мутација, гени који се преносе слободном оплодњом, из генерације у генерацију, остају непромењени. Међутим, генотипови, који настају различитим рекомбинацијама тих гена, не морају да буду исти. Из тог разлога, фреквенције гена и генотипова у великој популацији се углавном разликују. То доводи до закључка да је за детаљан опис једне популације, неопходно познавање фреквенција и гена и генотипова:

Ознака алела	Фреквенција алела (гена)	Генотипови и њихова фреквенција
A	p	Доминантан хомозигот AA p^2
a	q	Хетерозигот Aa $2pq$
		Рецесиван хомозигот aa q^2

9.4. Закон велике популације о фреквенцији гена и генотипова се назива Hardy-Weinberg-ов закон, или правило равнотеже (еквилибријума) велике популације. Закон су дефинисали 1908. године Харди (*Godfrey Harold Hardy*, 1877-1947) у Енглеској и Вајнберг (*Wilhelm Weinberg*, 1862-1937) у Немачкој, па је у њихову част и назван тим именом. Суштина овог правила је у следећем:

ако се претпостави једнака фертилноост свих генотипова у слободној оплодњи у једној великој популацији, онда ће фреквенције тих генотипова да буду условљене фреквенцијама одређених гена из претходне генерације (јер су настали њиховим рекомбиновањем), а не фреквенцијама генотипова. После прве генерације слободне оплодње, у посматраној популацији, фреквенције генотипова долазе у равнотежу и у њој остају све док се не промени фреквенција гена. На тај начин, добија се основна једначина Hardy-Weinberg-ов закона:

$$p^2 (AA) + 2pq (Aa) + q^2 (aa) = 1$$

$$p + q = 1$$

Једноставније речено, збир фреквенција свих генотипова у једној популацији (за једну посматрану особину) једнак је 1 (или 100% генотипова тј. индивидуа), односно збир фреквенција гена за ту особину једнак је 1 (100% гена одговорних за наслеђивање те одређене особине).

Приказана једначина је најједноставнији пример Закона равнотеже, јер су у посматрање узета два алела. Иако су примери за наслеђивање особина мултиплим алелима, кодоминантним генима или полно везаним генима сложенији и за њих може да се примени овај математички модел, који се тада прилагођава броју алела тј. генотипова.

Примери за израчунавање фреквенција гена и генотипова у зависности од начина наслеђивања особине

1. Један ген (два алела), интермедијарно наслеђивање ($A=a$)

У овом случају, израчунавање фреквенција је олакшано тиме да сваки фенотип указује на свој генотип. Полазна једначина Закона равнотеже велике популације:

$$p^2 (AA) + 2pq (Aa) + q^2 (aa) = 1$$

$$p + q = 1$$

из које се израчунавају фреквенције гена:

$$A \rightarrow p = D + \frac{H}{2} = p^2 + \frac{2pq}{2} = p^2 + pq$$

$$a \rightarrow q = R + \frac{H}{2} = q^2 + \frac{2pq}{2} = q^2 + pq$$

где су D, H и R вредности фреквенција одговарајућих зиготних типова:

D-фреквенција хомозигота доминантног алела

H-фреквенција хетерозигота и

R-фреквенција хомозигота рецесивног алела

2. Један ген (два алела), доминантно-рецесивно наслеђивање ($A>a$)

Полазна једначина Закона равнотеже велике популације:

$$p^2 (AA) + 2pq (Aa) + q^2 (aa) = 1$$

С обзиром да је у питању наслеђивање пуном доминацијом, једноставно је на основу броја рецесивних хомозиготних генотипова тј. њихове фреквенције да се израчуна фреквенција рецесивног гена, а потом и фреквенција његовог доминантног алела. Међутим, треба да се води рачуна о постојању грешке, јер приликом израчунавања, ван резултата остају рецесивни гени који представљају половину генског фонда хетерозигота. Ово произилази из чињенице да фенотипски не могу да се раздвоје доминантни хомозиготи и хетерозиготи и да је једини фенотип, који директно указује на свој генотип рецесивни хомозигот:

$$\begin{aligned}a &\rightarrow q = \sqrt{q^2} \\ A &\rightarrow p = 1 - q\end{aligned}$$

На овај начин се добија увећана фреквенција доминантног алела, на рачун фреквенције рецесивног гена која је оптерећена грешком, услед недостатака учешћа истих рецесивних алела из хетерозигота. Дакле, иако је на први поглед једноставан, овај начин је и непрецизан, али и једини на који је могуће да се утврди фреквенција алела и генотипова у оваквом систему наслеђивања особина.

3. Један ген (три алела), мултипли алели, наслеђивање крвних група људи по АВО систему ($A=B>O$)

Из разлога што су у наслеђивање ове особине укључена три облика гена, неопходно је да се фреквенција рецесивног алела О обележи различито од фреквенције рецесивног алела из претходних примера. Овде је:

$$\begin{aligned}A &\rightarrow p \\ B &\rightarrow q \\ O &\rightarrow r\end{aligned}$$

Ако се зна који су могући генотипови крвних група човека у систему АВО, онда могу да се израчунају и њихове фреквенције, односно да се напише Hardy-Weinberg-ов закон равнотеже у великој популацији за ову особину:

$$(p + q + r)^2 = 1, \text{ односно}$$

$$p^2(AA) + 2pr(AO) + 2pq(AB) + q^2(BB) + 2qr(BO) + r^2(OO) = 1$$

Када су познате фреквенције генотипова, могу да се израчунају и фреквенције гена:

$$A \rightarrow p = 1 - \sqrt{(B + O)/N}$$

$$B \rightarrow q = 1 - \sqrt{(A + O)/N}$$

$$O \rightarrow r = \sqrt{O/N}$$

где је :

$(B + O)/N$, (збир индивидуа В и О крвне групе)/укупан број индивидуа у посматраној популацији

$(A + O)/N$; (збир индивидуа А и О крвне групе)/укупан број индивидуа у посматраној популацији

O/N ; број индивидуа О крвне групе/укупан број индивидуа у посматраној популацији

4. Наслеђивање рецесивних, полно везаних особина (хемофилија, далтонизам, *coloboma iridis* и др.)

Анализа велике популације за особине које се наслеђују рецесивним, полно везаним генима се разликује од претходно приказаних примера. Разлог је тај што су за ове особине, хетерогаметне индивидуе у исто време и хемизиготне, што значи да имају само један алел за посматрану особину. То значи, да се фреквенције гена и генотипова хемизиготних индивидуа не разликују. Стога се посебна пажња у анализи ових особина усмерава прво на анализу броја индивидуа женског и мушког пола. Ако се рецесиван, полно везан ген, одговоран за наслеђивање хемофилије у људским популацијама, обележи са h , онда важи следеће:

$X \rightarrow p$	$XX \rightarrow p^2$	Здрава жена
$X^h \rightarrow q$	$X^hX \rightarrow 2pq$	Здрава жена (преносилац болести)
	$X^hX^h \rightarrow q^2$	Жена оболела од хемофилије

$X \rightarrow p$	$XY \rightarrow p$	Здрав мушкарац
$X^h \rightarrow q$	$X^hY \rightarrow q$	Мушкарац оболео од хемофилије

У наведеним примерима, не значи да је фреквенција хромозома $X=p$, већ је то вредност фреквенције доминантног алела (H), који је везан за хромозом X , али који се, због једноставнијег приказа, не наводи у датим конституцијама.

9.5. Формула за израчунавање фреквенције гена за крвну групу А, у АВО систему крвних група је:

$$A \rightarrow p = 1 - \sqrt{(B + O)/N}, \text{ или } p = 1 - (q + r)$$

9.6. На основу објашњења датог за наслеђивање хемофилије, може да се закључи да је и у случају далтонизма (рецесивна, полно везана болест), формула за израчунавање фреквенције жена болесних од ове болести:

$$г) X^dX^d \rightarrow q^2$$

9.7. Фреквенција људи са АВ крвном групом се израчунава по формули: $AB \rightarrow 2pq$

9.8. Иако се разликују у броју индивидуа, то није најважнија разлика између мале и велике популације. Мала популација, у заснивању, настаје од велике популације, дакле њен је узорак и самим тим има мање индивидуа. Због тога, носи мали део генетичке варијабилности родитељске популације која се из генерације у генерацију сужава, јер у малој популацији нема слободне оплодње. При томе, долази до фиксирања гена у хомозиготу, а то доводи до повећања фреквенције хомозигота из генерације у генерацију, и смањивања броја хетерозигота. Ова хомозиготација доводи до појаве „генетичког дрифта“ тј. промене генетичке структуре мале популације и стварања линија. Промене у фреквенцији гена у малој популацији настају случајно тзв. дисперзним процесима, који доводе до поделе мале популације на потпопулације (групе или линије) и смањују генетичку варијабилност, повећавајући на тај начин хомозиготност у целој популацији.

9.9.

в) У малој популацији нема слободне оплодње.

9.10. Образац који је дат у питању се односи на израчунавање рецесивног гена, а не генотипа, па је у складу са тим, одговор:

б) Нетачно

9.11. Мушкарци су хемизиготи за хемофилију, па је из тог разлога формула за израчунавање оних који болују од ове болести:

$$б) X^hY \rightarrow q$$

9.12. Да би се тачно решио задатак, неопходно је да се правилно наведу подаци који су дати у тексту. Ако је 1 од 350 мушкараца болестан од далтонизма, онда то значи:

$$X^dY \rightarrow q = \frac{1}{350}$$

па, из тога произилази да је и фреквенција траженог гена:

$$X^d \rightarrow q = \frac{1}{350}$$

9.13. Тачан одговор на постављено питање је:

б) Нетачно

јер је наведено да је $q^2 = R + H/2$, а са q^2 се обележава фреквенција рецесивног хомозиготног генотипа.

9.14. Ако је један од 356 мушкараца болестан од хемофилије, онда је:

$$X^hY \rightarrow q = \frac{1}{356}, \text{ односно } X^h \rightarrow q = \frac{1}{356}$$

Из једначине $p + q = 1$, може да се израчуна фреквенција доминантног алела:

$$X \rightarrow p = 1 - q = 1 - \frac{1}{356} = \frac{355}{356}$$

9.15. Када се у задатку тражи израчунавање фреквенције особе за коју су дати подаци о две или три крвне групе, неопходно је да се направи сложена формула, која се састоји од појединачних формула (за сваку крвну групу посебно). Математичка операција, којом се долази до коначног резултата је множење.

$$\begin{aligned} O &\rightarrow r^2 \\ Rh^- &\rightarrow dd \rightarrow q^2 \end{aligned}$$

$$0 \times Rh^- \times 100 = r^2 \times q^2 \times 100(\%)$$

9.16. Популациона генетика је научна дисциплина у оквиру генетике, која се бави проучавањем начина наслеђивања и варијацијом особина на нивоу популације.

9.17. Популација је у равнотежи уколико су фреквенције гена и генотипова непромењене после генерације слободне оплодње. Провера равнотежног стања популације може да се уради на следећи начин:

Почетна популација (I):

$$p^2 (AA) + 2pq (Aa) + q^2 (aa) = 1$$

а затим се израчуна фреквенције гена:

$$\begin{aligned} A &\rightarrow p = D + \frac{H}{2} \\ a &\rightarrow q = R + \frac{H}{2} \end{aligned}$$

и вредности израчунатих фреквенција се унесу у Панетов дијаграм, односно прикаже њихова слободна оплодња:

♀ \ ♂	A → p	a → q
A → p	AA → p ²	Aa → pq
a → q	Aa → pq	aa → q ²

а, затим добијене фреквенције генотипова прикажу Hardy-Weinberg-овом једначином, добија се

Популација после генерације слободне оплодње (II):

$$p^2 (AA) + 2pq (Aa) + q^2 (aa) = 1$$

Уколико је

Почетна популација (I) = Популација после генерације слободне оплодње (II), изводи се закључак да популација јесте у равнотежи

а, ако

Почетна популација (I) $\neq$ Популација после генерације слободне оплодње (II), изводи се закључак да популација није у равнотежи

Чиниоци, који доводе до поремећаја равнотежног стања популације су:

мутације
миграције и
селекција.

9.18. Формула за израчунавање фреквенције алела за В крвну групу, у АВО систему крвних група је:

$$B \rightarrow q = 1 - \sqrt{(A + O)/N}, \text{ или } q = 1 - (p + r)$$

9.19.

а) p^2

10. ИНБРЕДИНГ

10.1. Инбрединг (енг. *inbreeding*) или гајење у сродству је парење индивидуа, које су у ужем сродству него што је просек сродства популације у којој те индивидуе живе.

10.2. Wright-овим коефицијентом се мери степен сродства. Овај коефицијент се другачије назива коефицијент инбрединга и обележава се симболом F . Коефицијент представља вероватноћу да су два алелна гена (у некој индивидуи) истоветни по свом пореклу, односно да потичу од истог гена заједничког претка. Вредност Wright-овог коефицијента може да се креће од 0 до 1 или од 0 до 100%. У великим популацијама, које се одликују присуством слободне оплодње, вредност коефицијента инбрединга је једнака 0, док је у малим популација његова вредност увек већа од 0. Максимална вредност коефицијента инбрединга (1 или 100%) се бележи у популацијама самооплодних биљака, јер самооплодња представља највиши степен гајења у сродству. Иако су ретки, примери инбрединга су забележени и у људским популацијама. Углавном су то потомци из инцестних веза ујака и нећакиња, стричева и синовки, тетака и братанаца, браће и сестара и сл. Такође, у популацијама животиња, укрштања индивидуа из истог легла се сматра инбредингом.

10.3. Образац за израчунавање коефицијента инбрединга јединке (F_I), ако заједнички предак није инбредован је:

$$F_I = \sum \left(\frac{1}{2}\right)^n$$

где n представља број индивидуа на путу који води од једног родитеља до заједничког претка и назад до другог родитеља, при чему се изоставља индивидуа за коју се израчунава коефицијент инбрединга, у овом случају индивидуа I .

10.4. Образац за израчунавање коефицијента инбрединга, ако је заједнички предак инбредован тј. уколико је познат коефицијент инбрединга заједничког претка је:

$$F_I = \sum \left[\left(\frac{1}{2}\right)^n \times (1 + F_A) \right]$$

где n представља број индивидуа на путу који води од једног до другог родитеља преко заједничког претка, а F_A коефицијент инбрединга заједничког претка.

10.5. Инбрединг депресија је последица инбрединга код странооплодних организама и одликује се низом негативних појава на потомству, пре свега у погледу репродуктивних способности (смањује се могућност за даљу репродукцију), различитих метаболичких поремећаја и слабијег „фитнеса“. Разлог за ову појаву је то што „штетни“ рецесивни гени брже улазе у рецесиви хомозигот и постају видљиви на фенотипу. У слободној оплодњи могу дуго да остану „скривени“ у хетерозиготу, у сенци ефекта доминантног гена.

10.6. Хетерозис, хибридна снага или бујност F_1 генерације је последица укрштања генетички различитих родитеља (сорти биљака или раса домаћих животиња). За производњу оваквих хибрида (нпр. кукуруза), неопходно је да се имају инбред линије, које настају „присилном“ самооплодњом стропоплодне биљне врсте.

10.7. Да би се израчунала вредност коефицијента инбрединга, неопходно је да буду испуњени одређени услови задатка и да се испоштује следећи редослед корака који воде до решења:

1. Услов да се реши задатак је да је задат родослов индивидуе и да је у тексту задатка наведено за коју индивидуу се израчунава коефицијент инбрединга.

2. Неопходно је да се одреде стазе (путање), које садрже информације о прецима. Једну стазу образују све индивидуе на путу који води од једног родитеља до заједничког претка и назад до другог родитеља, при чему се изоставља индивидуа за коју се израчунава коефицијент инбрединга. У зависности од изгледа родослова, некада је могуће да се одреди само једна стаза, а некада их има више.

3. У свим одређеним стазама (или стази) обележава се индивидуа која представља заједничког претка, преко којег се остварује рођачка веза између родитеља инбрединг индивидуе. Правило је да у стази сме да буде обележена само једна индивидуа, тј. могуће је да постоји један заједнички предак. У зависности од изгледа датог родослова, могуће је да једна иста индивидуа буде заједнички предак у различитим стазама, као што је прихватљиво да у свакој стази то буде друга индивидуа, али све у зависности од датог родослова. Заједнички предак се обележава подвлачењем слова и налази се на најдаљем предачком нивоу у стази од једног до другог родитеља индивидуе чији коефицијент се израчунава. Такође, заједнички предак може да се препозна и по томе што се од њега стаза из родослова „ломи“ на две стране.

4. Потребно је да се пажљиво прочита текст задатка да би се сазнало да ли је заједнички предак инбредован, или није и да ли из датог родослова може да се израчуна његов коефицијент. Од тог податка зависи који образац (из одговора на 10.3. или 10.4. питање) ће даље да се користи.

У складу са тим, решење задатка се приказује на следећи начин:

Стазе (редослед по којем се стазе записују није важан. Важно је да све стазе буду наведене.):

BDGEA
BDFEA
BDA
BEA

Потом, у свакој стази се обележи заједнички предак и тек тад асу стазе правилно записане:

BDGEA
BDFEA
BDA
BEA

С обзиром да у тексту задатка није дат коефицијент инбрединга заједничког претка и родослов изгледа тако да из њега тај податак не може да се израчуна, онда се свака стаза израчунава по обрасцу $(1/2)^n$, где n представља број предака (слова) у свакој стази посебно.

То значи следеће:

$$\text{BDGEA} = \left(\frac{1}{2}\right)^5 = \frac{1}{32}$$

$$\text{BDFEA} = \left(\frac{1}{2}\right)^5 = \frac{1}{32}$$

$$\text{BDA} = \left(\frac{1}{2}\right)^3 = \frac{1}{8}$$

$$\text{BEA} = \left(\frac{1}{2}\right)^3 = \frac{1}{8}$$

односно

$$F_C = \text{BDGEA} + \text{BDFEA} + \text{BDA} + \text{BEA} = \frac{1}{32} + \frac{1}{32} + \frac{1}{8} + \frac{1}{8} = \frac{1+1+4+4}{32} = \frac{10}{32} \text{ или } 0,3125 \text{ тј. } 31,25\%$$

10.8. Слично претходном задатку, прво се одређују стазе и обележавају заједнички преци:

BDGEA
BDFEA
BDA
BEA

*Напомена: Често се направи грешка приликом одређивања стаза из родослова као што је задати, јер када се дође до индивидуе Е, записују се и индивидуе НКМ, па се опет упише Е да би коначна стаза изгледала нпр. **BDGEHKMEA**, а то је потпуно погрешно. Једине стазе из датог родослова су четири које су претходно наведене.*

Приликом одабира обрасца за израчунавање коефицијента инбрединга индивидуе С, неопходно је да се за стазу где је индивидуа Д заједнички предак, користи образац за израчунавање који укључује дати податак о коефицијенту инбрединга заједничког претка (индивидуе Д). Међутим, сада се посебно посматра и део родослова који се директно односи на индивидуу Е, јер је у једној од стаза (BEA), ова индивидуа обележена као заједнички предак.

Напомена: Овај део родослова се посматра искључиво јер је индивидуа Е заједнички предак. Да она није заједнички предак ни у једној од стаза, овај део родослова би био у потпуности искључен из анализе и не би утицао на коначан резултат коефицијента инбрединга индивидуе С.

Дакле, одређује се стаза и израчунава се коефицијент инбрединга индивидуе Е:

$F_E = \mathbf{H}\mathbf{K}\mathbf{M} = \left(\frac{1}{2}\right)^3 = \frac{1}{8}$, с обзиром да нема податка о индивидуи К, нити он може да се израчуна из датог родослова.

Напомена: Приликом инбредовања индивидуе Е, стаза HJLNM се изоставља, с обзиром да су и индивидуа J и индивидуа N заједнички преци.

Из свега, може да се израчуна F_C :

$$F_C = \left(\frac{1}{2}\right)^5 (\text{за стазу } BD\mathbf{G}EA) + \left(\frac{1}{2}\right)^5 (\text{за стазу } BD\mathbf{F}EA) + \left[\left(\frac{1}{2}\right)^3 \times \left(1 + \frac{1}{8}\right)\right] (\text{за стазу } B\mathbf{D}A) + \left[\left(\frac{1}{2}\right)^3 \times \left(1 + \frac{1}{8}\right)\right] (\text{за стазу } B\mathbf{E}A) = \frac{1}{32} + \frac{1}{32} + \frac{9}{64} + \frac{9}{64} = \frac{2+2+9+9}{64} = \frac{22}{64} \text{ или } 0,344 \text{ тј. } 34,4\%$$

Прилог 1

ТРИПЛЕТИ БАЗА, КОДОНИ И иРНК за поједине аминокиселине

Прва азотна база у кодону иРНК ↓	Друга азотна база у кодону иРНК →				Трећа азотна база у кодону иРНК ↓
	U	C	A	G	
URACIL (U)	PHE	SER	TYR	CYS	U
	PHE	SER	TYR	CYS	C
	LEU	SER	STOP	STOP	A
	LEU	SER	STOP	TRP	G
CITOZIN (C)	LEU	PRO	HIS	ARG	U
	LEU	PRO	HIS	ARG	C
	LEU	PRO	GLN	ARG	A
	LEU	PRO	GLN	ARG	G
ADENIN (A)	ILE	THR	ASN	SER	U
	ILE	THR	ASN	SER	C
	ILE	THR	LYS	ARG	A
	MET	THR	LYS	ARG	G
GUANIN (G)	VAL	ALA	ASP	GLY	U
	VAL	ALA	ASP	GLY	C
	VAL	ALA	GLU	GLY	A
	VAL	ALA	GLU	GLY	G

Скраћени и пуни називи кодованих аминокиселина

PHE-фенилаланин
LEU-леуцин
ILE-изолеуцин
MET-метионин
VAL-валин
SER-серин
PRO-пролин

THR-треонин
ALA-аланин
TYR-тирозин
HIS-хистидин
GLN-глутамин
ASN-аспарагин
LYS-лизин

ASP-аспарагинска киселина
GLU-глутаминска киселина
CYS-цистеин
TRP-триптофан
ARG-аргинин
GLY-глицин
STOP-терминални кодон

Прилог 2

ПИТАЊА ИЗ ГЕНЕТИКЕ И ГЕНЕТИКЕ И ГЕНЕТИЧКИХ РЕСУРСА ЗА САМОТЕСТИРАЊЕ СТУДЕНТА

Питања за проверу знања су груписана у три групе:

ГРУПА А: Ову групу чини 30 питања, где је дат двострук избор одговора са ДА, или НЕ. Сваки тачан одговор у овој секцији доноси испитанику један поен. **Сваки нетачан одговор у овој секцији значи да се испитанику ОДУЗИМА један поен.**

Одговори у овој секцији се дају уписивањем знака **X** у за то предвиђена поља на десној страни формулара испод одговора **Да**, или одговора **Не**.

ГРУПА Б: Ову групу чини 20 питања, где је дат вишеструк избор одговора. Сваки тачан одговор у овој секцији доноси испитанику два поена. **У овој секцији се не одузимају поени у случају нетачног одговора.**

Одговори у овој секцији се дају заокруживањем слова, испред тачног одговора.

ГРУПА В: Ову групу чини 10 питања, где је дат слободан избор формулисања одговора. Сваки тачан одговор у овој секцији доноси испитанику три поена. **У овој секцији се не одузимају поени у случају нетачног одговора.**

Одговори у овој секцији се уписују руком, кратко и јасно слободно формулисани, у празан простор испод питања.

Максималан број освојених поена по секцијама је:

Секција А	30 поена
Секција Б	40 поена
Секција Ц	30 поена
УКУПНО	100 поена

Конверзија броја поена у оцене од 5 до 10:

Број поена	Оцена
до 50	5
51 - 60	6
61 - 70	7
71 - 80	8
81 - 90	9
91 - 100	10

Питања и систем бодовања одговора су саставили предметни наставници Генетике и Генетике и генетичких ресурса, проф. др Миодраг Димитријевић и проф. др Софија Петровић.

Тачни одговори на постављена питања, налазе се на Интернет презентацији предмета Генетика: <http://polj.uns.ac.rs/~genetikans/documents/rezultati.htm>. Такође, студенти попуњен тест могу да пошаљу на и-мејл адресу: borislav.banjac@polj.edu.rs и у најкраћем року добију резултат теста.

А. ОДГОВОРИ ДВОСТРУКОГ ИЗБОРА

	Да	Не
01. Рибозоми су органеле цитоплазме	☐	☐
02. Сталан број хромозома је карактеристика врсте	☐	☐
03. Телоцентрични хромозом нема центромеру	☐	☐
04. Центромера је секундарно сужење на хромозому	☐	☐
05. Митотичка деоба одржава исти број хромозома из деобе у деобу	☐	☐
06. Мејоза се одвија у вегетативним деловима биљке	☐	☐
07. Оогенеза и макроспорогенеза дају гамете истог назива	☐	☐
08. Однос раздвајања 3:1 је карактеристичан за монохибриде	☐	☐
09. Летални гени изазивају смрт индивидуе	☐	☐
10. Однос раздвајања 9:6:1 се јавља код семиепистазе	☐	☐
11. Хипостатични ген је доминантан над епистатичним геном	☐	☐
12. Просечна величина гена је 10000 нуклеотида	☐	☐
13. Гени су сегменти ДНК ланца	☐	☐
14. Мултипли алели су гени са две алтернативне форме	☐	☐
15. Минор гени условљавају наслеђивање квантитативних својстава	☐	☐
16. Мајор гени су гени јаког појединачног ефекта	☐	☐
17. Код људи и винских мушица пол се наслеђује на исти начин	☐	☐
18. Холандрични гени се налазе на Y хромозому	☐	☐
19. Турнер синдром је женска особа којој недостаје X хромозом	☐	☐
20. Хемофилија је полно везана болест	☐	☐

21. Интерспециес хибридизација је укрштање родитеља исте врсте	☐	☐
22. Геноми су скупови хромозома истог филогенетског порекла	☐	☐
23. Везани гени се налазе на истом хромозому	☐	☐
24. Кариотип представља све хромозоме једног организма	☐	☐
25. Мутације се не преносе на потомство	☐	☐
26. Дефиције представљају губитак дела хромозома	☐	☐
27. Плазмиди су кружни молекули ДНК код онкогених бактерија	☐	☐
28. Тетраплоид је анеуплоид	☐	☐
29. У великој популацији нема слободне оплодње	☐	☐
30. Инбрединг је укрштање индивидуа које су у сродству	☐	☐

Сваки тачан одговор у секцији А доноси по један поен. Максималан број бодова у овој секцији је 30

БРОЈ ПОЕНА У СЕКЦИЈИ
А

Б. ОДГОВОРИ ВИШЕСТРУКОГ ИЗБОРА

01. Субметацентрик је хромозом код кога су:

- а) сви краци једнаке дужине
- б) један крак је дужи, а други краћи
- в) нема једног крака

02. Центромера је

- а) органела хромозома
- б) органела која поларише ћелију
- в) органела цитоплазме

03. Митозом се деле:

- а) полне ћелије
- б) полни органи
- в) телесне ћелије

04. Код животиња митоза се одвија у :

- а) епидермису
- б) ооцитама
- в) сперматоцитама

05. Мејозом се деле:

- а) полне ћелије
- б) телесне ћелије
- в) све ћелије организма сем нервних

06. Центрозома је:

- а) примарно сужење хромозома
- б) животињска органела
- в) централни део ћелије

07. Мушки гамет биљака је:

- а) поленово зрно
- б) микроспора
- в) прашник

08. Макроспора је:

- а) велика спора у бактеријама
- б) женски гамет биљака
- с) хаплоидна полна ћелија биљака

09. Хетерозигот је:

- а) Зигот са повећаним бројем хромозома
- б) Организам са различитим аелима на истим локусима хомологних хромозома
- в) Трећи стадијум профазе I мејозе

10. Дихибрид је:

- а) Хибрид са диплоидним бројем хромозома
- б) Организам хетерозиготан за два својства
- в) Самооплодни хибрид

11. Комплементарни гени :

- а) мењају ефекат један другом
- б) спречавају деловање другог гена
- в) допуњују се у свом ефекту

12. При доминантној епистази добија се однос раздвајања:

- а) 12:3:1
- б) 9:7
- в) 9:3:4

13. Транслација је:

- а) Преписивање информације са ДНК
- б) Транспорт аминокиселина
- в) Везивање аминокиселина у полипептидни ланац

14. Ланац комплементаран датом ДНК ланцу: TACGGTACG

- а) AAGCCTTGC
- б) TAGCCAACG
- в) ATGCCATGC

15. Херитабилност (χ^2) је већа ако је:

- а) генетичка варијанса већа од еколошке варијансе
- б) генетичка варијанса мања од еколошке варијансе
- в) ако је удео варијансе погрешке у укупној фенотипској варијанси мањи

16. Супердоминација је:

- а) облик наслеђивања квантитативних својстава
- б) изражена доминација једног алелног гена над другим алелним геном
- в) појава када је F₂ генерација боља од F₁ генерације потомства

17. Кросинг овер (crossing over) је:

- а) реципрочна измена делова хроматида нехомологих хромозома

- б) реципрочна измена делова хроматида хомологих хромозома
в) реципрочна измена делова хроматида хомеологих хромозома

18. **Тритикале (*Triticale*) је синтетичка врста добијена укрштањем пшенице и ражи и пример је:**

- а) интраспециес хибридизације
б) интерспециес хибридизације
в) интергенус хибридизације

19. **Моносомик је организам хромозомске формуле:**

- а) $2n+1$
б) $2n-1$
в) $2n-2+1$

20. **Популација је у равнотежи када су:**

- а) фреквенције гена и генотипова константне
б) фреквенције гена константне, а фреквенције генотипова променљиве
в) фреквенције гена променљиве, а фреквенције генотипова константне

Сваки тачан одговор у секцији Б доноси по два поена. Максималан број бодова у овој секцији је 40

БРОЈ ПОЕНА У СЕКЦИЈИ
Б

В. ОДГОВОРИ СЛОБОДНОГ ИЗБОРА

1. Навести фазе митозе по редоследу и кратко описати промене у ћелији и на хромозомима карактеристичне за сваку фазу.

4. Написати врсте РНК и описати у пар реченица њихову улогу у синтези протеина.

5. Написати све типове наслеђивања квантитативних својстава и објаснити на који начин се утврђује начин наслеђивања ових својстава.

6. Написати сва четири типа наслеђивања пола код животиња и људи, те дефинисати шта су полно везана својства

7. У чему је значај укрштања таксономски удаљених родитеља?

8. Шта су мутације, а шта су модификације?

9. Који су фактори који ремеће равнотежно стање популације?

10. Шта је генетички инжењеринг?

Сваки тачан одговор у секцији Ц доноси по три поена. Максималан број бодова у овој секцији је 30

БРОЈ ПОЕНА У СЕКЦИЈИ
В

УКУПАН БРОЈ ОСВОЈЕНИХ ПОЕНА:

ОЦЕНА (од 5 до 10)

Датум

Потпис студента

СПИСАК КОРИШЋЕНЕ ЛИТЕРАТУРЕ

Ayala, F. J (1982): Population and Evolutionary Genetics: a Primer. The Benjamin/Cummings Publishing Company Inc., California, USA

Боројевић С. и Боројевић, Катарина (1976): Генетика. Друго проширено и допуњено издање. Универзитет у Н. Саду

Боројевић, С. (1982): Принципи и методи оплемењивања биља. Друго допуњено издање. Научна књига, Београд

Гроздановић-Радовановић, Јелена (2000): Цитологија, ЗУНС, Београд.

Димитријевић М. и Петровић Софија (2005): Генетика популације. Адаптабилност и стабилност генотипа. Универзитет у Новом Саду, Пољопривредни факултет Нови Сад и Научни институт за ратарство и повртарство, Нови Сад

Doležel, J. and Wolfgang Gohde, W. (1995): Sex Determination in Dioecious Plants *Melandrium album* and *M. rubrum* Using High-Resolution Flow Cytometry. Cytometry, 19, 103- 106.

Dudley, J. W. and Johnson, G. R. (2009): Epistatic Models Improve Prediction of Performance in Corn. Crop Science, 49 (3): 763-770.

Ђокић, А. (1988): Биљна генетика. Научна књига, Београд.

Egozcue, J., Sarrate, Z., Codina-Pascual, M., Egozcue, S., Oliver-Bonet, M., Blanc, J. Navarro, Benet, J. and Vidal, F. (2005): Meiotic abnormalities in infertile males. Cytogenetic and Genome Research (111): 337-342.

Zheng, Y.Q., Yan, D., Ouyang, X.M., Du, L.L., Yu, H., Chang, B., Kenneth, R. J. and Liu, X. Z. (2005): Digenic inheritance of deafness caused by mutations in genes encoding cadherin 23 and protocadherin 15 in mice and humans. Human Molecular Genetics, 14, 1 103–111.

Zergollern-Ћupak, Ljiljana (1983) : Хумана генетика. Југославенска медицинска наклада, Загреб.

Јарак, Мирјана и Говедарица, М. (2003): Микробиологија. Универзитет у Новом Саду, Пољопривредни факултет, Нови Сад.

Larney, C., Bailey, T. L. and Koopman, P. (2014): Switching on sex: transcriptional regulation of the testis-determining gene Sry. The Company of Biologists Ltd | Development. 141: 2195-2205. doi:10.1242/dev.10705

Lehner, B. (2011): Molecular mechanisms of epistasis within and between genes. Trends in Genetics 27, 8, 323-331.

Маринковић, Д., Туцић, Н. и Кекић, В. (1982): Генетика. Научна књига, Београд.

Матавуљ, Милица (2004): Анимална ћелија. ПМФ Нови Сад, Департман за биологију и екологију, Нови Сад.

Матавуљ, Милица и Петровић, Олга (2004): Биологија ћелије. ПМФ Нови Сад, Департман за биологију и екологију, Нови Сад.

Mather, K. (1973): Genetical structure of populations. Chapman and Hall, London

Mather, K. and Jinks, J. L. (1974): Biometrical Genetics. Chapman and Hall, London

Miko, I. (2008): Epistasis- Gene interaction and phenotype effects. Nature Education 1(1)

Мишић, Д. П. (1999): Генетика. Партенон. Институт ПКБ Агроекономик, Београд.

Nakamura, K. M., Diehl, N. N. and Mohnney, B. G. (2011): Incidence, Ocular Findings and Systemic Associations of Ocular Coloboma: A Population-Based Study Ophthalmol. 129(1): 69–74.

Nasrallah, J.B. and Nasrallah, M. E. (1989): The Molecular Genetics of Self-Incompatibility in Brassica. Annual Review of Genetics, 23, 121-139.

Петровић, С. (1992): Цитогенетика. Универзитет у Новом Саду, Пољопривредни факултет, Нови Сад.

Phillips, P. C. (2008): Epistasis- the essential role of gene interactions in the structure and evolution of genetic systems. Nature Reviews Genetics, 9, 855-867

Сарић, М. (1983): Физиологија биљака. Научна књига, Београд.

Schmutz, S. M. and Berryere, T. G. (2007): Genes affecting coat colour and pattern in domestic dogs. Animal Genetics, 38, 539–549.

Stansfield, W. D. (1983): Theory and Problems of Genetics, Second Edition. Schaum's outline series, McGraw-Hill Book Company, California, USA

Feldman, L. and Sytkowski, A., J. (2003): Pleiotrophic Actions of Erythropoietin. Environmental Health and Preventive Medicine, 7, 239–245.

Ferguson-Smith M. (2007): The Evolution of Sex Chromosomes and Sex Determination in Vertebrates and the Key Role of DMRT1. Sex Dev.1(1):2–11. DOI: 10.1159/000096234

Фиштер, Светлана (2003): Учесталост прекида и гапова на хромозомима шарана (*Cyprinus carpio* L.). Ветеринарски гласник. 57 (7-8): 393-403.

Cordell, J. H. (2002): Epistasis: what it means, what it doesn't mean and statistical methods to detect it in humans. Human Molecular Genetics, 11, 20, 2463–2468

Wilhelmi, K. Laura and Preuss, Daphne (1996): Self-Sterility in *Arabidopsis* Due to Defective Pollen Tube Guidance. Science Magazine, 274 (5292): 1535-1537.

Wolf, J.,B., Brodie, E.D., Wade, M.J. (2000): Epistasis and the Evolutionary Process. Book. Publ. Oxford University Press

Wricke, G. and Eberhard Weber, W. (1986): Quantitative Genetics and Selection in Plant Breeding. Walter de Gruyter, Berlin and New York

Извод из рецензије

Проф. др Софија Петровић

На основу вишегодишњег искуства у извођењу практичне наставе и педагошког рада са студентима, аутор доц. др Борислав Бањац, је саставио питања и понудио детаљна објашњења, која ће да омогуће студентима једноставније и темељније припремање наставних области за полагање обавезних тестова и испита.

Рукопис „Збирка питања и задатака из генетике“ је прецизно и јасно написана целина, која садржи питања, задатке, одговоре и решења и биће корисна уџбеничка литература која на једном месту има сабрана објашњења најважнијих појмова из генетике. Публикација је технички савремено урађена, а шеме и илустрације су добро укомпоноване у текст, што доприноси већој вредности и лакшем коришћењу Збирке.

Извод из рецензије

Проф. др Миодраг Димитријевић

У првом делу рукописа су наведена питања и задаци, разврстани према наставним јединицама које су обухваћене планом и програмом вежби предмета Генетика за студенте друге године основних студија Пољопривредног факултета у Новом Саду, смерова за ратарство и повртарство, фитомедицину, хортикултуру, воћарство и виноградарство и агроекологију и заштиту животне средине. Такође, питања и задаци обухватају наставне јединице из плана и програма наставног предмета Генетика и генетички ресурси за студенте друге године основних студија, студијског програма органска пољопривреда... У другом делу „Збирке питања и задатака из генетике“, су дати одговори на постављена питања и решења задатака. Обим рукописа је примерен фонду часова практичне наставе предмета Генетика и Генетика и генетички ресурси. Осим текстуалних објашњења, аутор је одговоре употпунио табеларним приказима, шемама и илустрацијама, које олакшавају разумевање појмова из различитих грана генетике. Овакав начин организовања рукописа га чини наставним средством, које има све неопходне делове да успешно испуни основни циљ који је аутор поставио у предговору „Збирке питања и задатака из генетике“.

О аутору

Борислав Бањац је рођен 7.4.1982. у Кикинди. После завршене Гимназије „Душан Васиљев“ у Кикинди, уписао је Пољопривредни факултет Универзитета у Новом Саду, смер за ратарство и повртарство. Након тога, одбранио је мастер рад из области Генетике, оплемењивања биљака и семенарства. Из исте области је одбранио докторску дисертацију 2015. Запослен је на Пољопривредном факултету у Новом Саду од 2009. године. У звање доцента је изабран 2016. Бави се наставним и научним радом на свим предметима из области Генетике. Ожењен је и отац је једног детета. Живи у Новом Саду.

ISBN: 978-86-7520-505-0