

# Московская олимпиада школьников. Генетика. 11 класс. Отборочный этап, 2023/24

10:00—23:59 11 фев 2024 г.

## I часть

Вам предлагаются задания с выбором одного правильного ответа.

### № 1

1 балл

#### Задание 1.1

Вы исследуете признак, для которого характерно расщепление  $9(A\_B\_): 6(aaB\_; A\_bb): 1(aabb)$ . Вы получили 16 особей в результате скрещивания. Какая вероятность, что среди этих 16 особей к доминантному фенотипическому классу ( $A\_B\_$ ) будет принадлежать ровно 9 особей? Выберите ответ, округленный до целых процентов.

а) 20%

б) 100%

в) 80%

г) 56%

## № 2

1 балл

### Задание 1.2

В геномах позвоночных животных широко встречается метилирование цитозина в составе динуклеотида 5' CG 3'. При этом модифицированный цитозин может спонтанно дезаминироваться в тимин. В результате эволюции в геномах позвоночных:

- а) динуклеотиды 5' CG 3' встречаются намного чаще, чем динуклеотиды 5' GC 3'
- б) динуклеотиды 5' CG 3' встречаются намного реже, чем динуклеотиды 5' GC 3'
- в) динуклеотиды 5' CG 3' встречаются так же часто, как и динуклеотиды 5' TG 3'
- г) все динуклеотиды встречаются с частотой, равной произведению частот входящих в состав нуклеотидов.

## № 3

1 балл

### Задание 1.3

Гены А, В и С располагаются на 1 хромосоме в соответствующем порядке. Между генами А и В 20 сМ, между генами В и С – 30 сМ. Какую долю будут составлять организмы ааввсс в потомстве от скрещивания тригетерозигот ABC//авс?

- а) 6.25%
- б) 7.84%
- в) 9.61%
- г) 6%

## № 4

1 балл

### Задание 1.4

Правильное развитие проксимо-дистальной оси конечности (от плеча к кисти и пальцам) зависит от правильной пространственной активности генов *Hox*. Разные гены этого генного семейства отвечают за развитие разных частей конечности. На фото ниже представлена передняя конечность мутанта по гену *Hox 11*. Предположите, какая часть задней конечности будет нарушена у такого мутанта?



- а) бедро
- б) голень
- в) предплюсна и плюсна
- г) пальцы

## № 5

---

1 балл

### Задание 1.5

Ген Fgf4 важен для правильного формирования хрящей. Когда этот ген не активен, предшественники клеток хряща интенсивно делятся. Когда ген Fgf4 включается, клетки приступают к дифференцировке и становятся зрелыми клетками хряща. Известно, что некоторая порода собак имеет дополнительную копию гена Fgf4, что приводит к более раннему включению этого гена в ходе эмбрионального развития. О какой породе собак идет речь?

- а) чихуахуа
- б) датский дог
- в) вельш-корги
- г) китайский шарпей

**№ 6**

1 балл

**Задание 1.6**

Интересным оказалось исследование наследования ветвления стебля у диплоидного подсолнечника. С одной стороны, разветвлённость стебля обуславливается доминантным состоянием некоторых генов. Так, в 1940 году был открыт ген Br, который в доминантном состоянии обеспечивает ветвление по всей длине стебля. В 1970 году были найдены ещё два гена, Br2 и Br3. Причём Br2 обеспечивает ветвление только верхней части стебля незадолго до зацветания, а доминантный аллель Br3 обеспечивает короткое ветвление вне зависимости от набора аллелей Br и Br2. Br является гипостазируемым геном по отношению к Br2. С другой стороны, в 1970–е годы было открыто, что разветвление по всей длине стебля получается при гомозиготном рецессивном состоянии генов B1, B2 и B3. Причём растения оказываются разветвлёнными по всей длине, когда оба гена B2 и B3 находятся в рецессивном гомозиготном состоянии. Если же только один из них в гомозиготном рецессивном состоянии, то обеспечивается ветвление только на верхушке, это фенотипически проявляется при отсутствии доминантных аллелей в генах Br, Br2 и Br3 и рецессивного аллеля B1. Выберите сочетание генотипов родителей, имеющих разветвление по всей длине стебля и длинные боковые ветви.

а) br1br1 Br2br2 Br3Br3 b1b1 B2B2 B3b3 x Br1br1 Br2br2 br3br3 B1b1 b2b2 b3b3

б) br1br1 Br2br2 br3br3 b1b1 B2B2 B3b3 x br1br1 br2br2 br3br3 B1B1 B2B2 b3b3

в) Br1Br1 br2br2 br3br3 b1b1 B2B2 B3b3 x br1br1 br2br2 br3br3 b1b1 B2B2 B3B3

г) br1br1 br2br2 br3br3 b1b1 b2b2 B3b3 x Br1Br1 br2br2 Br3br3 B1B1 B2B2 b3b3

**№ 7**

1 балл

**Задание 1.7**

Гексаплоидное автоплоидное растение батата имеет ген COL, доминантный аллель которого отвечает за оранжевый окрас паренхимы корневой шишки. Растение, имеющее два аллеля COL скрестили с растением, имеющим три аллеля COL. Какова будет частота пентагомозигот по доминантному признаку при условии, что в ходе мейоза конъюгация гомологичных хромосом происходит с одинаковой вероятностью?

а) 1/3

б) 1/4

в) 1/12

г) меньше 1/16

1 балл

**Задание 1.8**

Перед вами часть кодирующей последовательности некоторого белка (рамка считывания начинается с первого нуклеотида)

...АУГАУАУАЦГГГ...

Пользуясь таблицами генетического кода и классификацией аминокислот, распределите представленные ниже мутации по степени "вреда" для функции белка (от большего к меньшему).

Первое основание	Второе основание				Третье основание
	У	Ц	А	Г	
У	Фен	Сер	Тир	Цис	У
	Фен	Сер	Тир	Цис	Ц
	Лей	Сер	—	—	А
	Лей	Сер	—	Три	Г
Ц	Лей	Про	Гис	Арг	У
	Лей	Про	Гис	Арг	Ц
	Лей	Про	Глн	Арг	А
	Лей	Про	Глн	Арг	Г
А	Иле	Тре	Асн	Сер	У
	Иле	Тре	Асн	Сер	Ц
	Иле	Тре	Лиз	Арг	А
	Мет	Тре	Лиз	Арг	Г
Г	Вал	Ала	Асп	Гли	У
	Вал	Ала	Асп	Гли	Ц
	Вал	Ала	Глу	Гли	А
	Вал	Ала	Глу	Гли	Г

Мутации:

1. АУГЦУАУАЦГГГ (замена)
2. АУГАГАУАЦГГГ (замена)
3. АУГАУЦАГГГГ (замена)
4. АУГАУЦУАЦЦГГГ (вставка)

а) 4321

б) 3214

в) 3124

г) 3412

**№ 9**

1 балл

**Задание 1.9**

Процесс клеточного деления по времени зависит от времени репликации и времени, необходимого на подготовку к делению. Однако известно, что время, проходящее от начала репликации до расхождения реплицированных хромосом у *E. coli*, больше, чем время, которое проходит между делениями. Поэтому репликация начинается еще до предыдущего деления. Используя справочные данные, рассчитайте, за какое время до предыдущего деления начинается репликация. Размер генома *E. coli* – 4,6 млн п.о. Скорость движения репликационной вилки – 55 тыс. п.о/минуту. Время, необходимое на подготовку к делению – 20 минут. Длина клеточного цикла *E. coli* – 35 минут.

 а) 60 минут б) 35 минут в) 25 минут г) 10 минут**№ 10**

1 балл

**Задание 1.10**

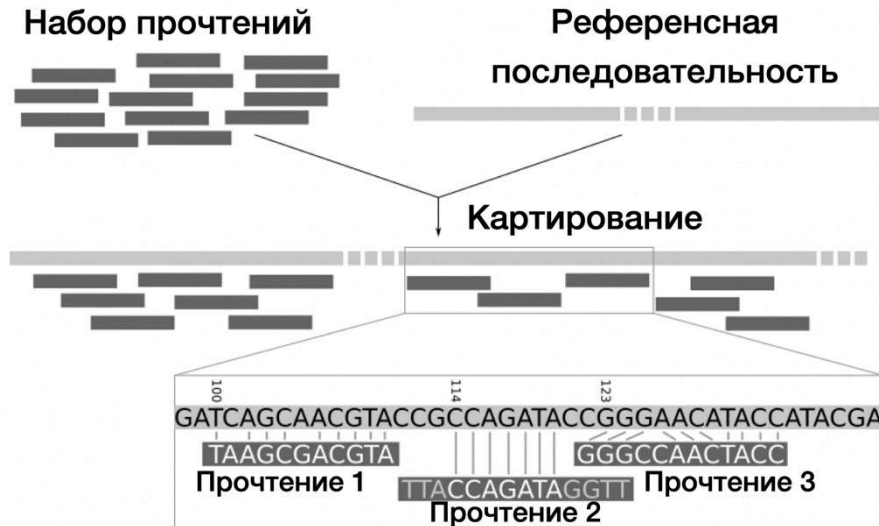
Какие соединения нуклеотидов нельзя встретить в молекуле РНК?

 а) 5'-5' б) 5'-3' в) 5'-2' г) 3'-3'

1 балл

**Задание 1.11**

Очень часто в биоинформатической практике встречается задача картирования прочтений на референсную последовательность. В ходе такого картирования специальная программа ищет все места в референсе, где встречается каждое прочтение. Однако перед исследователями также стоит задача подобрать правильный референс и программу-картировщик под каждый тип прочтений (т.е. разрешающий вносить в картируемое прочтение длинные гэпы или нет). Выберите из представленных ниже вариантов комбинацию “прочтения + референс + картировщик”, которая приведет к самому неудачному картированию (т.е. к потере наибольшего количества прочтений).



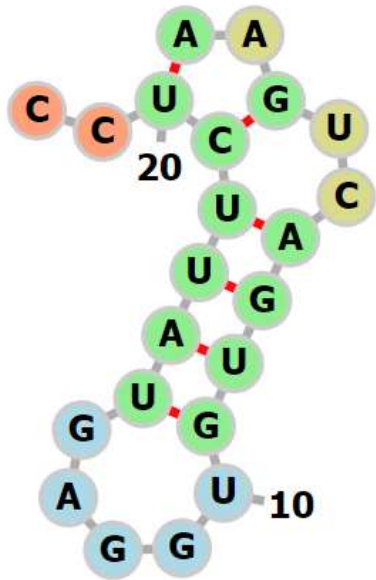
- а) прочтения тотальной РНК образца + транскриптом + картировщик, не допускающий большие гэпы
- б) прочтения тотальной РНК образца + геном + картировщик, допускающий большие гэпы
- в) короткие прочтения геномной ДНК + транскриптом + картировщик, не допускающий большие гэпы
- г) короткие прочтения геномной ДНК + транскриптом + картировщик, допускающий большие гэпы



1 балл

**Задание 1.12**

Для кодирования в виде текстовых файлов вторичной структуры РНК часто используют методы, при которых отображают только те пары оснований, между которыми формируются пространственные связи. На рисунке представлена структура РНК. Какая из представленных ниже форм записи не описывают данную РНК?



А)

Б)

(.(.(.(((.(.....)))))))))..

В)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Г)

№ 13

1 балл

**Задание 1.13**

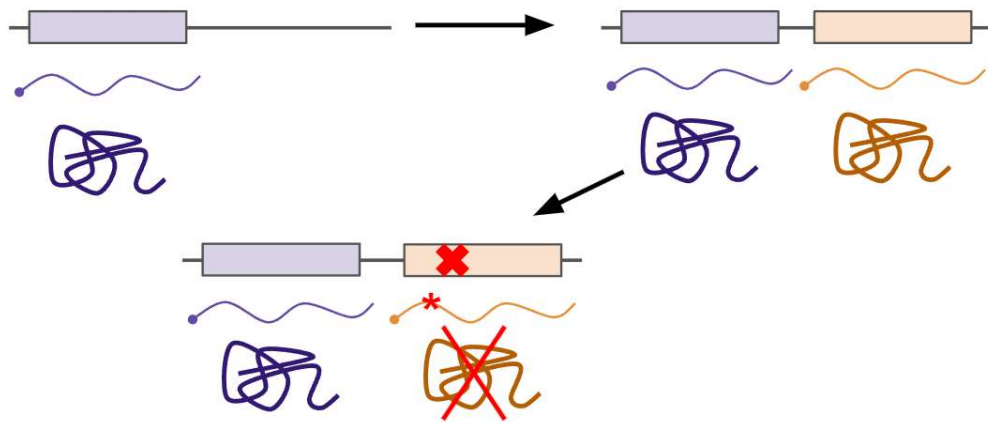
Аллели, снижающие приспособленность организма, активно вытесняются из популяции отбором, однако они одновременно вносятся в популяцию посредством мутаций. Из-за этого достигается равновесная частота такого аллеля, которая может быть вычислена с помощью следующей формулы:  $p \approx \mu/s$ , где  $p$  – равновесная частота,  $\mu$  – скорость мутирования (вероятность того, что в данном поколении аллель мутирует и станет из нормального вредным),  $s$  – коэффициент селекции (описывает то, насколько сильно уменьшается приспособленность организма с данным вредным аллелем, в нашем случае может принимать значения от 0 до 1). Выберите верное утверждение:

- а) Чаще всего в популяциях значение  $p$  колеблется около 1
- б) Для аллелей с высоким коэффициентом селекции будет характерна большая равновесная частота, так как на них лучше действует отбор
- в) Если  $\mu = 10^{-6}$ ,  $s = 0.02$ , то ожидаемая  $p = 0.00005$
- г) Чаще всего, чем вреднее аллель, тем выше его равновесная частота

1 балл

## Задание 1.14

На схеме ниже изображено одно из направлений эволюции белок-кодирующих генов после дубликации. Внимательно изучите изображение и укажите, как можно описать данный процесс.



- а) потеря дублицированной копии в результате накопления мутации
- б) специализация новой копии на выполнении похожей функции
- в) приобретение новой копией совершенно новой функции (например, изменение катализируемой ферментативной реакции)
- г) разделение и сохранение исходной функции, приводящее к формированию белка гетеродимера, вместо гомодимера

№ 15

---

1 балл

**Задание 1.15**

Какое из представленных условий не является обязательным для выполнения закономерностей уравнения Харди-Вайнберга?

- а) отсутствие ассортативности (избирательности) скрещиваний
- б) отсутствие мутационного процесса
- в) наличие в популяции как доминантных, так и рецессивных аллелей
- г) отсутствие естественного отбора

№ 16

---

1 балл

**Задание 1.16**

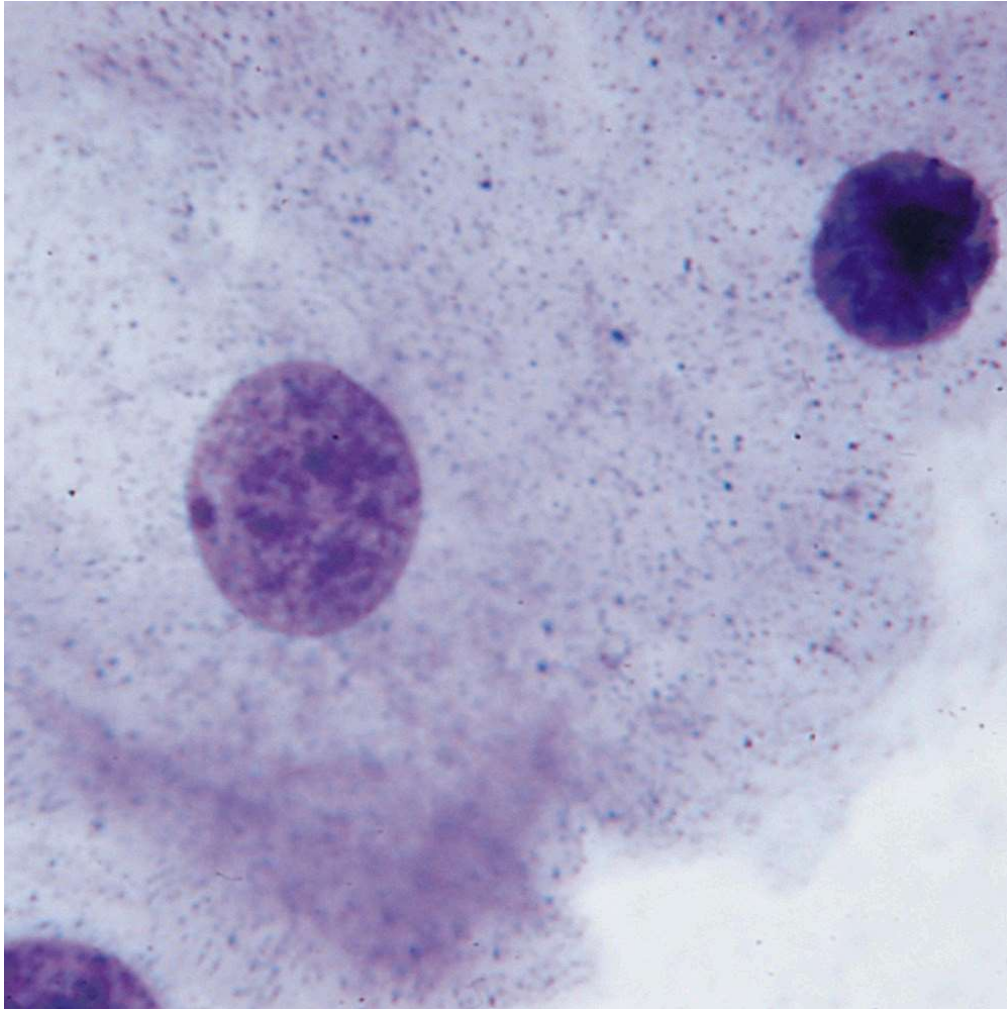
Рестриктазы 1 типа, разрезающие неметилированные последовательности ДНК, представляют собой комплексы, состоящие из нескольких белковых субъединиц: S — связывающей ДНК сайта узнавания, R — разрезающей ДНК вне сайта узнавания и M — метилирующей ДНК в сайте узнавания. Из перечисленных бактерий — мутантов по генам, кодирующим M, R и S белки, будет нежизнеспособен:

- а) мутант с потерей функции субъединицы M
- б) мутант с потерей функции субъединицы R
- в) мутант с потерей функции субъединицы S
- г) мутант с нарушением сборки полноразмерного комплекса из всех трех типов субъединиц

1 балл

**Задание 1.17**

При слепом цитологическом исследовании биопсии пациента в ядре клетки было найдено плотное гетерохроматиновое образование, не несущее никаких активных функций. Основываясь на знаниях классической генетики и процессов экспрессии генов, цитогенетик мог предположить, что:



- а) Биоптат был взят у пациента мужского пола
- б) Биоптат был взят у пациента с трисомией по 17 хромосоме
- в) Биоптат был взят у пациента с неактивной Y-хромосомы
- г) Биоптат был взят у пациента женского пола

№ 18

1 балл

**Задание 1.18**

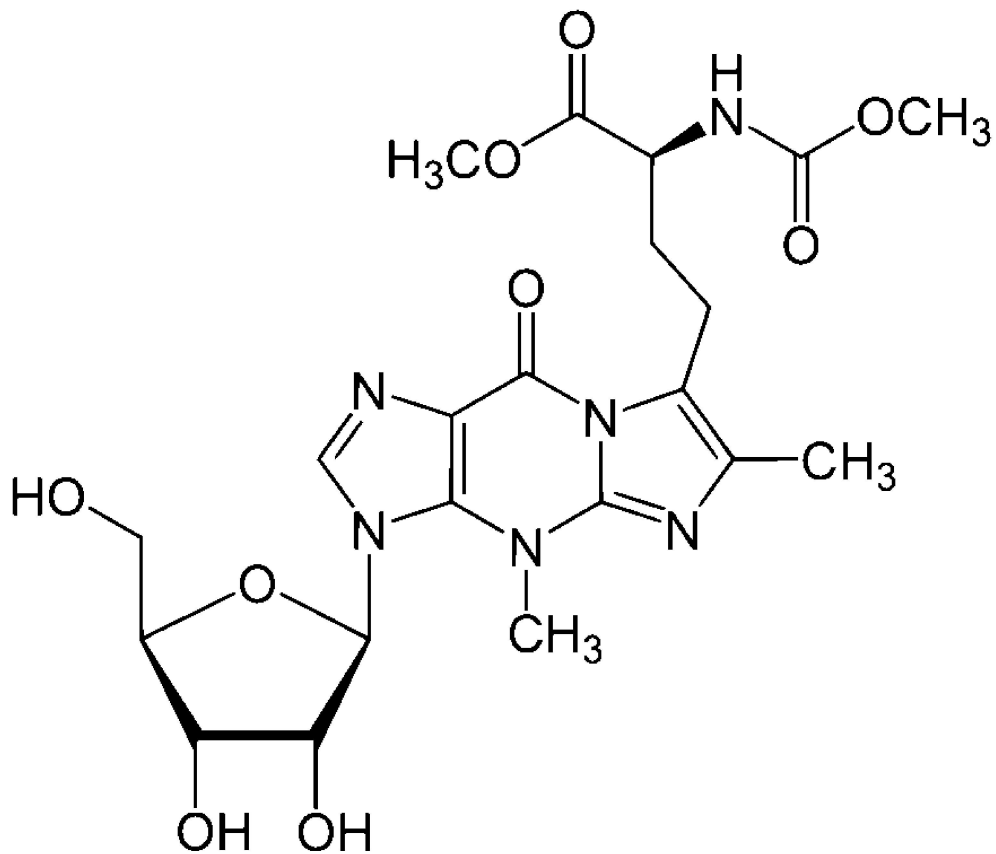
Садовник увидел у соседа цветник с красными, розовыми и белыми розами. Доля белых роз составляла  $1/16$ , а розовых –  $3/8$  от общего количества. Одолжив семена у соседа, он посеял их у себя и через некоторое время получил в своем цветнике розы всех трех цветов, но доля белых роз составляла уже  $1/100$ . Выберите наиболее вероятное объяснение низкой доли белых цветов в популяции садовника по сравнению с популяцией его соседа?

- а) Наблюдался эффект основателя, повлиявший на соотношение аллелей, отвечающих за окраску лепестков
- б) Отсутствовала панмиксия у растений с белыми цветками
- в) Высокий коэффициент имбридинга повлиял на выживаемость белых цветков
- г) Смена места привела к мутациям у растений с белыми цветками и превращению их в другие формы

1 балл

## Задание 1.19

Перед вами структурная формула вайбутозина — нуклеозида, который присутствует в некоторых молекулах тРНК. Рассмотрите структуру этого нуклеозида и предположите, из какого «канонического» нуклеозида он синтезируется в клетках.

 а) аденозин б) тимидин в) гуанозин г) цитидин

## № 20

1 балл

### Задание 1.20

Вы обнаружили популяцию хорьков, которые обитают в каменистой местности, где мозаичным образом располагаются светлые и тёмные скалы. В этой местности обитает огромное количество летающих хищников, главной добычей которых являются хорьки. Предположите, какая форма естественного отбора действовала на популяции хорьков, если известно, что в данной местности существует две морфы животных: с повышенной и пониженной экспрессией генов, отвечающих за синтез меланина.

- а) стабилизирующий
- б) дизруптивный
- в) дестабилизирующий
- г) половой

## II часть

Вам предлагаются задания с множественным выбором ответа.

## № 1

5 баллов

### Задание 2.1

Гены А, В и С линейно расположены на одной хромосоме, причем расстояние АВ = 10 сМ, ВС = 20 сМ, АС = 30 сМ. Для тригетерозиготы аВС/Аbc частота гамет ожидается:

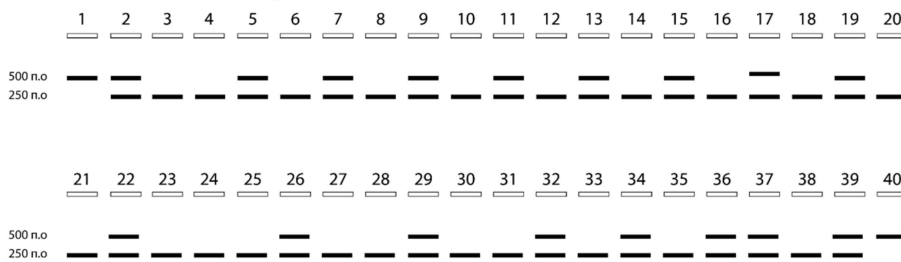
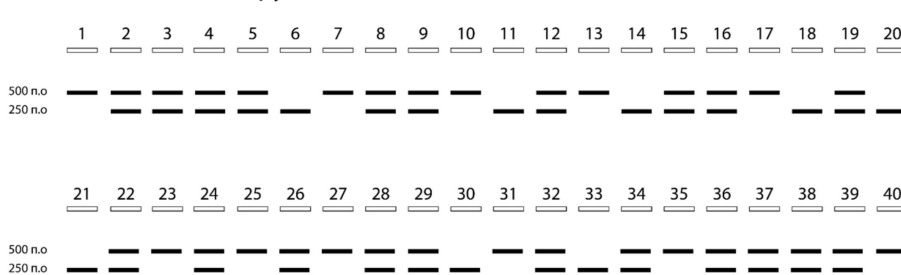
- а) 10% для гаметы ABC
- б) 20% для гаметы AbC
- в) 36% для гаметы aBC
- г) 1% для гаметы ABc
- д) 4% для гаметы abc



5 баллов

**Задание 2.2**

Вирус SARS-CoV-2 имеет высокое сродство к клеточному рецептору ACE, поэтому полиморфизм этого гена может играть большую роль в прогнозировании тяжести заболевания, вызванного этим вирусом. Были выявлены два основных аллеля этого гена D и I, которые отличаются небольшой делецией. Наличие делеции позволяет отличить эти аллели с помощью амплификации небольшого участка (500 п.о) и последующей рестрикции: фрагмент аллеля с делецией (D) имеет сайт рестрикции и будет разрезаться этим ферментом. Перед вами результат анализа двух выборок пациентов: с тяжелым течением болезни и легким. Выберите верные утверждения согласно представленным данным.

**Группа с тяжелым течением заболевания****Группа с легким течением заболевания**

- а) Аллель D чаще встречается в выборке с легким течением заболевания
- б) Наличие аллеля D определяет тяжелое течение заболевания
- в) Частота аллеля I в исследованной популяции 0,4
- г) Частота аллеля D в группе с тяжелым течением заболевания 0,74
- д) Фрагмент аллеля D расщепляется рестриктазой примерно по середине

### № 3

5 баллов

#### Задание 2.3

Перед вами участок выравнивания аминокислотных последовательностей белка трех разных организмов.

Вид 1: -Ала-Иле-Лей-Лей-Глу-Фен-Глу-Цис-Лиз-Лиз-Глн-Сер-

Вид 2: -Ала-Вал-Лей-Лей-Асп-Фен-Асп-Цис-Лиз-Арг-Глн-Сер-

Вид 3: -Тре-Вал-Лей-Лей-Глу-Фен-Глу-Цис-Гис-Лиз-Глн-Сер-

- а) Исходя из данного выравнивания, из трех представленных видов наиболее близкородственными являются виды 1 и 3
- б) Если мы рассмотрим больший участок выравнивания последовательностей этого же белка, наши представления о том, какие два из этих трех видов ближе друг к другу, могут поменяться
- в) Если в сайте произошла замена на аминокислоту с другими свойствами, например, с положительно заряженной на гидрофобную, то такая замена вероятнее всего поддержится отбором, т.к. она всегда создает возможность белку приобрести новые полезные свойства и организму занять новые ниши
- г) Тот факт, что у всех трех видов последовательность заканчивается серином, гарантирует то, что эта аминокислота выполняет очень важную роль в белке (например, является частью ферментативного центра), и замена ее на другую приведет к смерти организма.
- д) Разные участки одного и того же белка могут накапливать мутации с разной скоростью

5 баллов

**Задание 2.4**

Вы трансформируете культуру *E.coli* плазмидой, содержащей ген белка, который вы хотите наработать. Кроме этого в плазмиде содержится ген устойчивости к антибиотику канамицину, а также несколько сайтов рестрикции. Выберите верные утверждения:

- а) Добавление сайтов рестрикции — это рискованный ход, так как *E. coli* содержит множество рестриктаз, которые непременно разрежут плазмиду при попадании ее в клетку
- б) Ген устойчивости к канамицину необходим для того, чтобы бактерии в культуре могли выдерживать конкуренцию со стороны других антибиотикорезистентных бактерий, которыми загрязнена лаборатория
- в) Так как вы хотите впоследствии выделить нужный вам белок в чистом виде, имеет смысл добавить к последовательности его гена небольшой участок, который будет кодировать тэг. За этот тэг вы сможете “вытянуть” белок из общей массы белков, в то же время из-за своего размера он не будет значительно влиять на функции белка
- г) *E.coli* — идеальная система для наработки крупных эукариотических белков. Эти бактерии очень быстро растут, что позволяет им синтезировать огромные количества целевого белка
- д) Работать с плазмидой необходимо очень осторожно, так как попадание ее в тело человека может привести к серьезным последствиям. Например, клетки тела человека, получившие плазмиду, встроит ее себе в ядерную ДНК и станут резистентны к канамицину, что не позволит использовать этот антибиотик для лечения инфекций у этого человека.

## № 5

5 баллов

### Задание 2.5

Исследователь изучал клетки нервного гребня на куриных эмбрионах с помощью метода флуоресцентного мечения — он инъектировал светящийся краситель в клетки нервного гребня. В какой момент развития эмбриона исследователь мог произвести такую манипуляцию?

- а) во время дробления
- б) непосредственно перед гастрюляцией
- в) сразу после гастрюляции
- г) во время нейруляции
- д) после нейруляции

## № 6

5 баллов

### Задание 2.6

Выберите примеры, характерные для модификационной изменчивости:

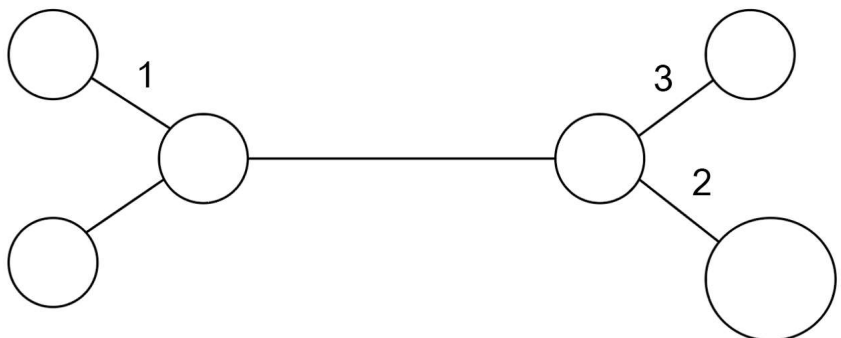
- а) У крыс, выращиваемых при холодной температуре окружающей среды, родились теплолюбивые крысята
- б) Генетический анализ двух щенят — однояйцевых близнецов, сильно отличающихся фенотипами из-за условий выращивания, показал 100% идентичность генотипа
- в) Выращивание тенелюбивых цветов при ярком освещении привело к закреплению светолюбивости этих растений в популяции
- г) Сезонная смена окраса шерсти у зайца
- д) Рождение ребенка с 1 группой крови у родителей со 2 и 3 группой крови

5 баллов

**Задание 2.7**

На картинке ниже показан результат выравнивания нескольких последовательностей генов у 7 индивидов. \* обозначены информативные сайты. Учитывая индель (вставка или делеция) и вставку микросателлитной последовательности (обозначены символами -), а также проявляемые гаплотипы индивидов (уникальные последовательности, характерные для каждой особи), заполните дерево по принципу максимальной парсимонии (экономии мутаций). Определите верные пары позиция (место на филогенетическом дереве, в котором произошла мутация) — номер SNP (номер нуклеотида, по которому произошла замена).

Индивид	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	Гаплотип
1	G	G	C	A	T	C	G	C	G	C	C	G	T	T	A	C	G	T	A	G	A	G	A	G	A	G	A	G	G	T	G	A	A	T	C	A
2	G	G	C	A	A	C	G	C	G	C	C	G	T	T	A	C	G	T	A	G	A	G	A	G	A	G	A	G	G	T	G	A	A	T	C	B
3	G	G	G	A	T	C	G	C	G	C	C	G	T	T	A	C	G	T	A	G	A	G	A	G	A	G	A	G	G	T	G	A	A	T	C	C
4	G	C	C	A	T	C	G	C	T	C	C	G	T	T	A	C	T	T	A	G	A	G	A	G	-	-	-	G	T	T	A	G	T	C	C	D
5	G	C	C	A	T	C	G	C	T	C	-	-	-	T	A	C	T	T	A	G	A	G	A	G	-	-	-	G	T	T	A	G	T	C	E	
6	G	C	C	A	T	C	G	C	T	C	-	-	-	T	A	C	T	T	A	G	A	G	A	G	-	-	-	G	T	T	A	G	T	C	E	
7	G	C	C	A	T	C	G	C	T	C	C	G	T	T	A	C	T	T	A	G	A	G	A	G	-	-	-	C	T	T	A	G	T	C	F	



- а) 1 - SNP 9
- б) 2 - SNP 11-13 (вставка или делеция)
- в) 1 - SNP 5
- г) 3 - SNP 29
- д) 3 - SNP 17

5 баллов

**Задание 2.8**

Для изучения механизма репликации в культивируемых лимфоцитах периферической крови человека был поставлен следующий эксперимент. К клеткам добавляли бромдезоксисуридин (BrdU) на время, равное времени двух полных клеточных циклов, после чего на короткое время добавляли к клеткам колцемид для остановки клеток в метафазе. Далее готовились препараты хромосом в метафазе митоза, которые затем обрабатывались флуоресцентным красителем Hoechst 33258. Этот краситель хуже связывается с ДНК, содержащей BrdU вместо тимина, чем с обычной ДНК. Окрашенные таким образом препараты хромосом изучались с помощью флуоресцентного микроскопа. На рисунке показана микрофотография хромосом, полученная с помощью описанной методики. Интенсивность окраски хромосом на рисунке обратно пропорциональна содержанию BrdU в них. Проанализируйте результаты эксперимента и выберите верные утверждения.



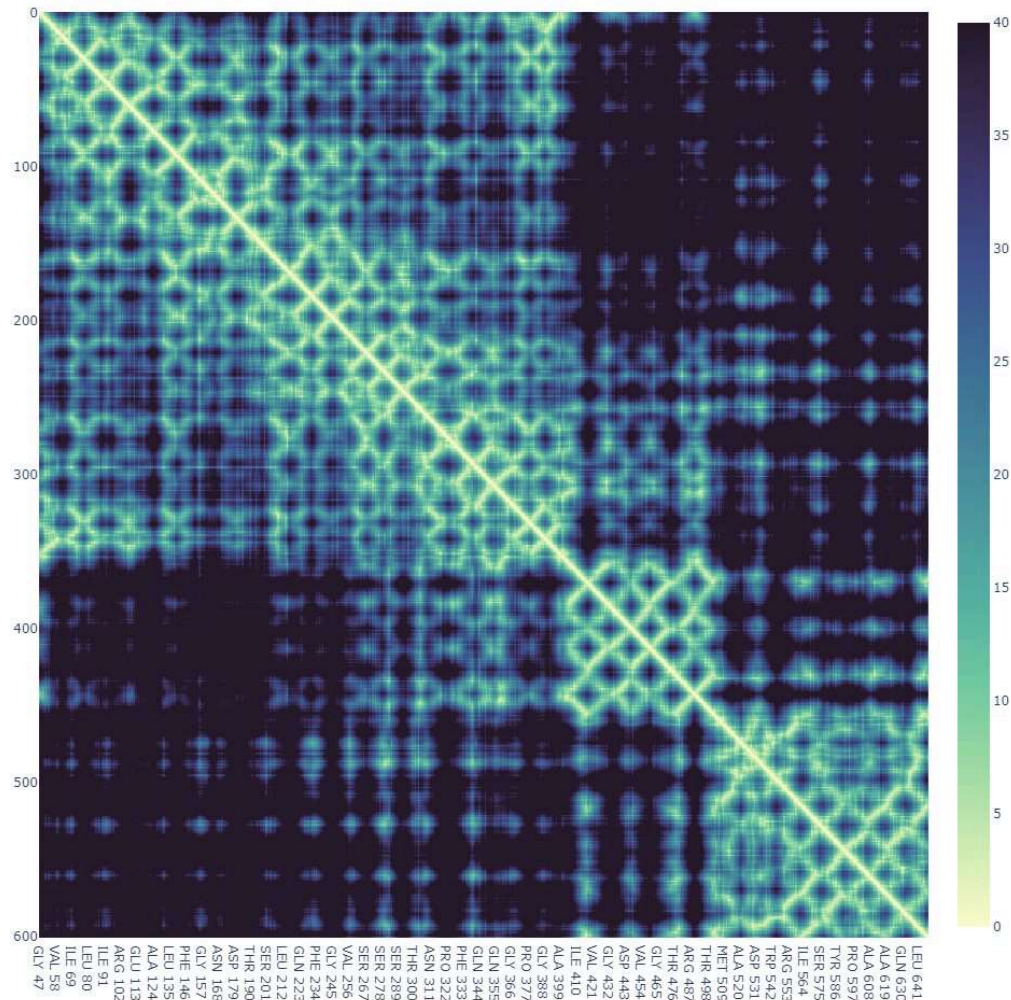
- а) Результаты эксперимента свидетельствуют о полуконсервативном механизме репликации в клетках человека
- б) Число хромосом в кариотипе человека равно 44
- в) Характер окраски хромосом не изменился бы, если бы BrdU добавляли клеткам на время, равное времени одного клеточного цикла, а не двух
- г) Результаты эксперимента свидетельствуют о протекающем в клетках обмене гомологичными участками ДНК между хроматидами одной и той же удвоенной хромосомы

- д) Результаты эксперимента показывают, что лимфоциты в культуре делятся не только митозом, но и мейозом

5 баллов

**Задание 2.9**

Одним из методов de novo предсказания доменов в последовательности белка является построение карты контактов по известной 3D-структуре этого белка. В данной карте интенсивностью цвета отображают средние по атомам расстояния между каждой парой аминокислот. Ознакомившись с картой контактов нейраминидазы бактерии *Micromonospora viridifaciens*, отметьте верные утверждения.



- а) Домены в карте контактов выделяются по расстояниям в 15 - 20 Å
- б) Из представленной карты контактов невозможно определить границы доменов
- в) В нейраминидазе *M. viridifaciens* можно выделить пять структурных доменов
- г) В нейраминидазе *M. viridifaciens* можно выделить три структурных домена



- д) Домен, содержащий аминокислоту с номером 400, выполняет в белке линкерную функцию

№ 10

5 баллов

**Задание 2.10**

В диплоидной клетке человека может содержаться больше двух копий какого-то определенного гена, если:

- а) клетка находится в S-фазе клеточного цикла
- б) ген находится в митохондриальной ДНК
- в) это опухолевая клетка, а ген - протоонкоген
- г) это ген рибосомальной РНК
- д) одна из хромосом подверглась дупликации фрагмента

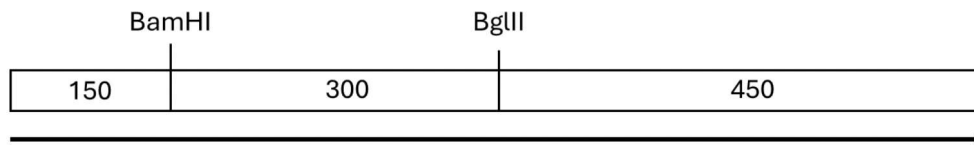
**III часть**

Вам предлагаются задания с развернутым ответом.

3 балла

**Задание 3.1**

Молекулярный генетик обработал линейную двуцепочечную молекулу ДНК размером 900 пар нуклеотидов (п.н.) рестриктазами BamHI и BglII, после чего разделил продукты реакции с помощью электрофореза в агарозном геле и очистил из геля фрагменты ДНК размером 150, 300 и 450 п.н. Карта исходной молекулы ДНК показана на рисунке, а также показаны последовательности сайтов рестрикции (показана только одна из цепей от 5' к 3', вертикальной чертой отмечено место внесения разрыва). Исходная молекула ДНК (размером 900 п.н.) имела тупые концы и не содержала фосфатных групп на 5' или 3'-концах.



BamHI: G|GATCC

BglII: A|GATCT

Далее ученый поставил несколько опытов с полученными фрагментами ДНК.

Ученый смешал в пробирке с подходящим буферным раствором фрагменты размером 150 и 450 п.н. и добавил к ним лигазу бактериофага T4 и АТФ (данная лигаза работает как с тупыми, так и с липкими концами). Запишите последовательность нуклеотидов ДНК в месте стыка, образовавшегося при лигировании этих двух фрагментов ДНК. В этом и последующих пунктах вопроса: последовательность запишите в направлении, указанном стрелкой на исходной карте, от 5'-конца к 3'-концу; используйте заглавные английские буквы для записи последовательностей нуклеотидов; не пишите никакие символы, кроме последовательности букв; запишите максимально полную последовательность, которую вы можете установить из условия. Если вы считаете, что реакция лигирования не пойдет, поставьте 0 в поле ответов (ноль цифрой).

GGATCT

Ученый обработал фрагменты размером 150 и 450 п.н. фрагментом Кленова (фрагмент ДНК-полимеразы I из клеток *E.coli*, обладающий ДНК-полимеразной и 3'→5' экзонуклеазной активностями). После этого ученый смешал обработанные фрагменты ДНК и добавил к ним лигазу бактериофага T4 и АТФ. Запишите последовательность нуклеотидов ДНК в месте стыка, образовавшегося при лигировании этих двух фрагментов ДНК. Если вы считаете, что после описанной обработки реакция лигирования не пойдет, поставьте 0 в поле ответов (ноль цифрой).

GGATCGATCT

Ученый обработал фрагменты размером 150 и 450 п.н. нуклеазой из проростков маша (*Vigna radiata*), которая удаляет выступающие 5'-концы (расщепляет фосфодиэфирную связь, оставляя фосфат на 5'-конце). После этого ученый смешал обработанные фрагменты ДНК и добавил к ним лигазу бактериофага T4 и АТФ. Запишите последовательность нуклеотидов ДНК в месте стыка, образовавшегося при лигировании этих двух фрагментов ДНК. Если вы считаете, что после описанной обработки реакция лигирования не пойдет, поставьте 0 в поле ответов (ноль цифрой).

GT

## № 2

---

2 балла

### Задание 3.2

Для соблюдения закона Харди–Вайнберга организмы не обязательно должны быть диплоидными. В равновесной популяции тетраплоидных организмов частота рецессивного аллеля  $a$  составляет 45%, доминирование по гену  $A$  полное.

Какой процент особей в этой популяции имеют доминантный фенотип? Ответ запишите в процентах, округлив до целых.

96

Какая доля потомков от скрещивания двух тетраплоидов  $Aaaa \times AAaa$  будет иметь рецессивный фенотип? При решении используйте модель хромосомного расхождения аллелей в мейозе. Ответ запишите в процентах, округлив до целых.

8

### № 3

10 баллов

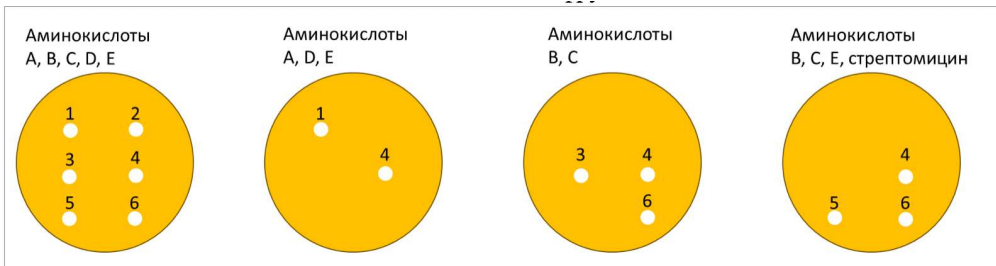
#### Задание 3.3

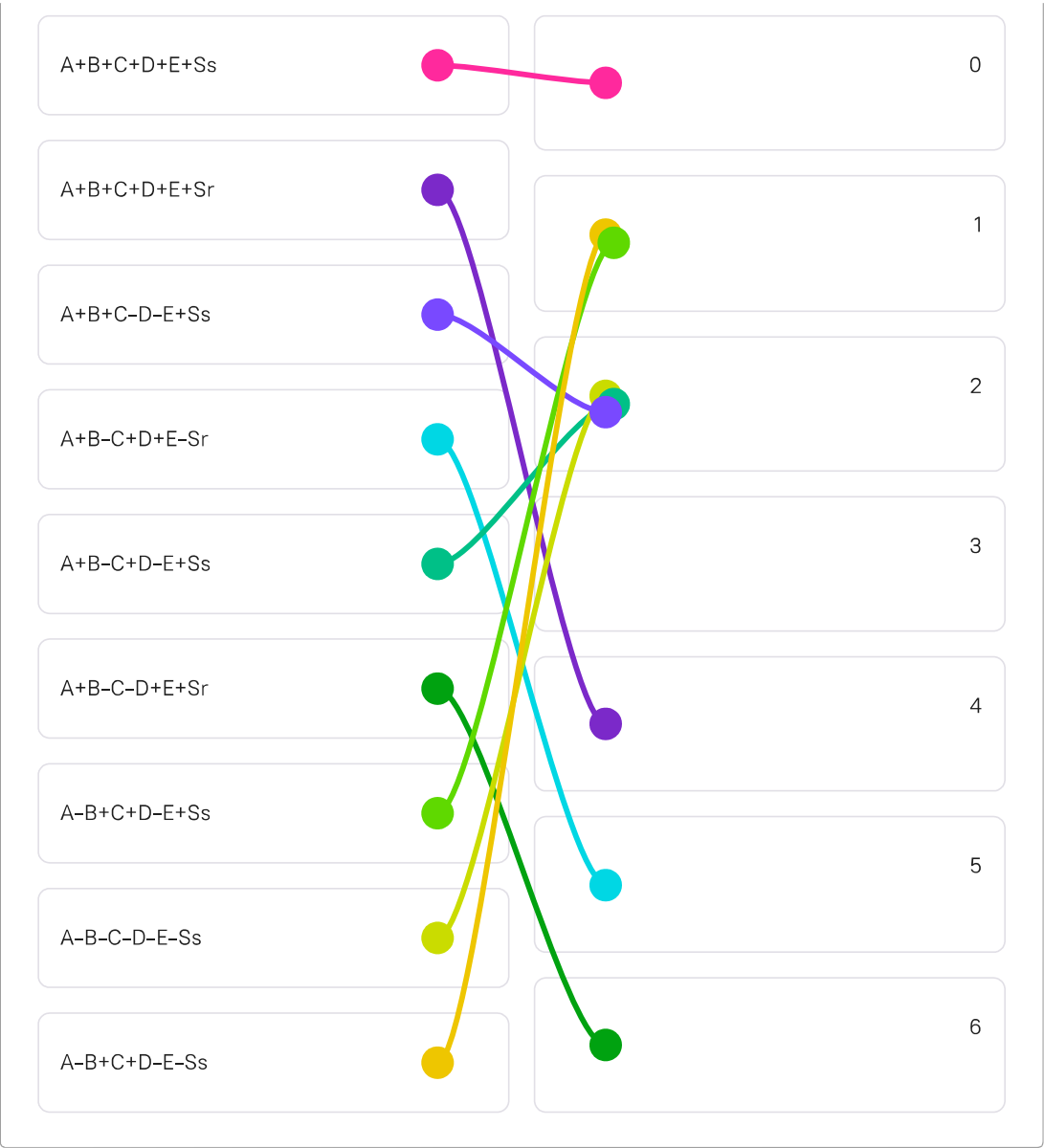
В результате конъюгации донорного прототрофного (способного расти на минимальной среде без добавления жизненно необходимых веществ) штамма *E. coli* HfrI A+B+C+D+E+Ss с реципиентным ауксотрофным (не способен синтезировать необходимые вещества) штаммом A-B-C-D-E-Sr было получено 300 рекомбинантных клонов, устойчивых к стрептомицину (Sr). Среди них было обнаружено 100% D+, 98% E+, 67% A+, 20% C+, 1% B+.

Определите порядок расположения генов A, B, C, D и E в хромосоме *E. coli*. Запишите ответ в виде последовательности слитных заглавных букв, обозначающих гены, начиная с гена, расположенного ближе всего к точке начала переноса хромосомы (пример: ABCDE).

DEACB

На рисунке представлены чашки петри со средами, содержащими аминокислоты, необходимые для роста, на которые выселили 6 штаммов бактерий методом реплик. Предположите, каким штаммам могут соответствовать приведенные ниже генотипы. Укажите номер штамма напротив наиболее подходящих генотипов. Если ни один из штаммов не подходит под описание – поставьте цифру "0".





2 балла

**Задание 3.4**

Для изучения взаимодействий ДНК и белка применяется метод ДНК футпринтинга. Для этого синтезируют фрагмент ДНК, соответствующий предполагаемому участку связывания. Затем одну из цепей ДНК помечают радиоактивным зондом на 3'-конце, чтобы можно было детектировать фрагменты ДНК, содержащие эту метку. К меченым фрагментам добавляют целевой белок, связывание которого необходимо изучить, а затем обрабатывают комплексы ДНК–белок неспецифическими нуклеазами, которые расщепляют любые фосфоэфирные связи вне зависимости от последовательности. Затем полученные фрагменты ДНК разделяют с помощью гель-электрофореза и детектируют с помощью радиоактивной метки. На схеме ниже показан результат такого электрофореза для фрагмента длиной 50 нуклеотидов. Определите, какую длину (в парах оснований) имеет зона связывания целевого белка. На каком расстоянии от 5'-конца меченой цепи ДНК начинается зона связывания.



Длина зоны связывания:

28

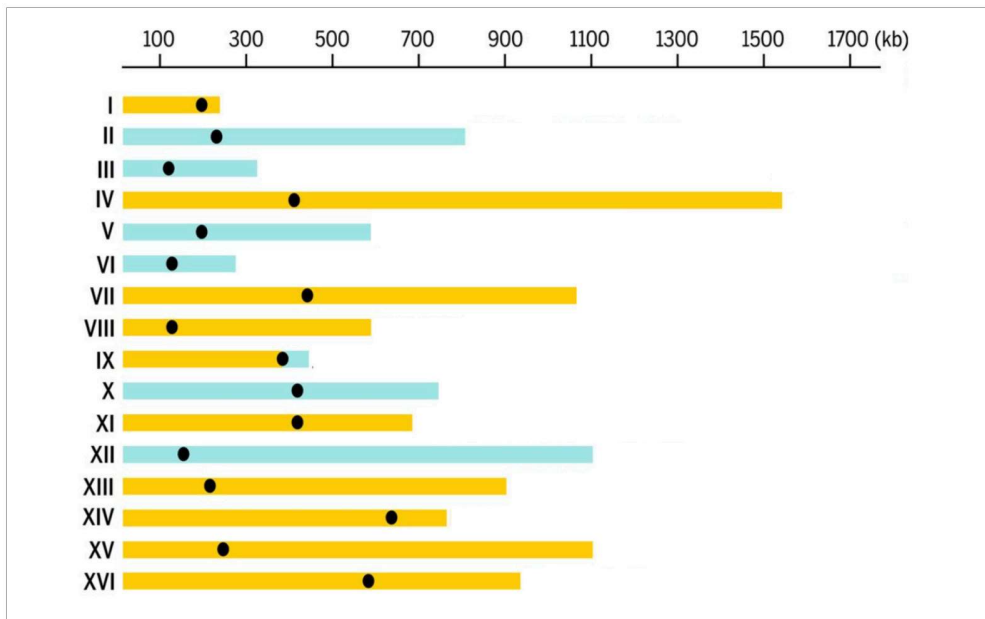
Расстояние до 5'-конца:

13

17 баллов

**Задание 3.5**

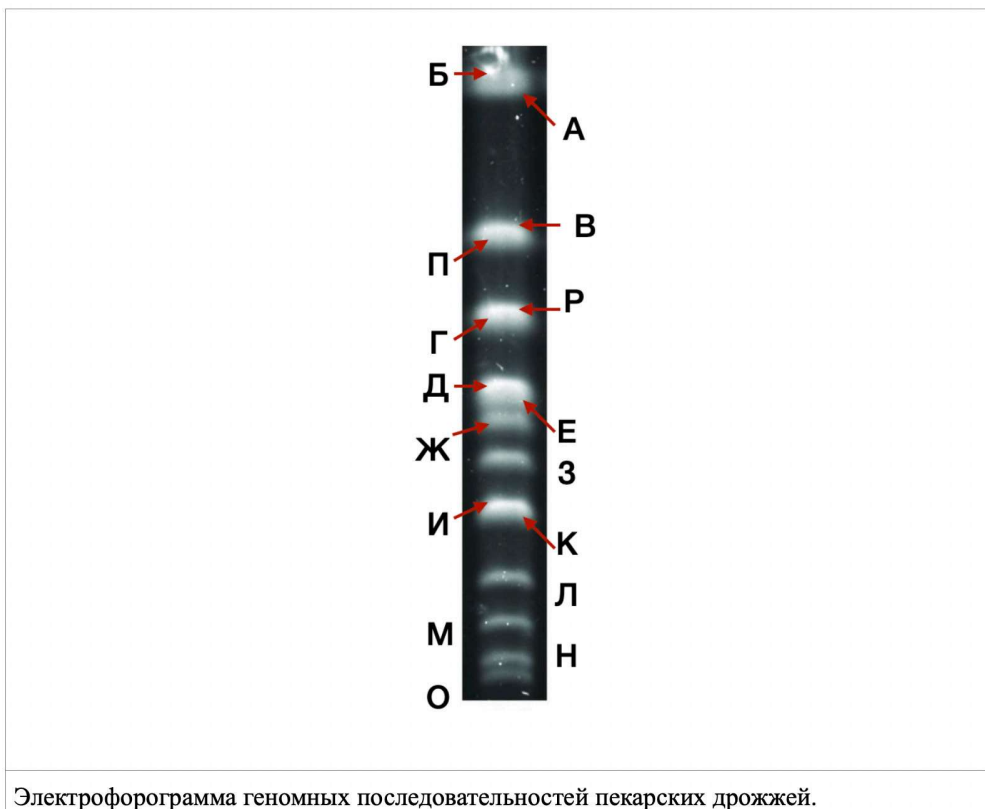
При использовании обычного электрофореза в агарозном геле размер разделяемых молекул обычно ограничен 30 kb (килобазами, 30.000 нуклеотидами). Однако для большого количества геномных исследований зачастую необходимо разделять целые хромосомы. Для этого используется метод пульсирующего электрофореза, при котором направление электрического поля периодически меняется. В результате в геле быстрее движутся те молекулы, которые могут быстро переориентироваться в новых условиях. На гистограмме показаны размеры хромосом у пекарских дрожжей (*Saccharomyces cerevisiae*). На электрофорограмме представлены полосы, соответствующие хромосомам.



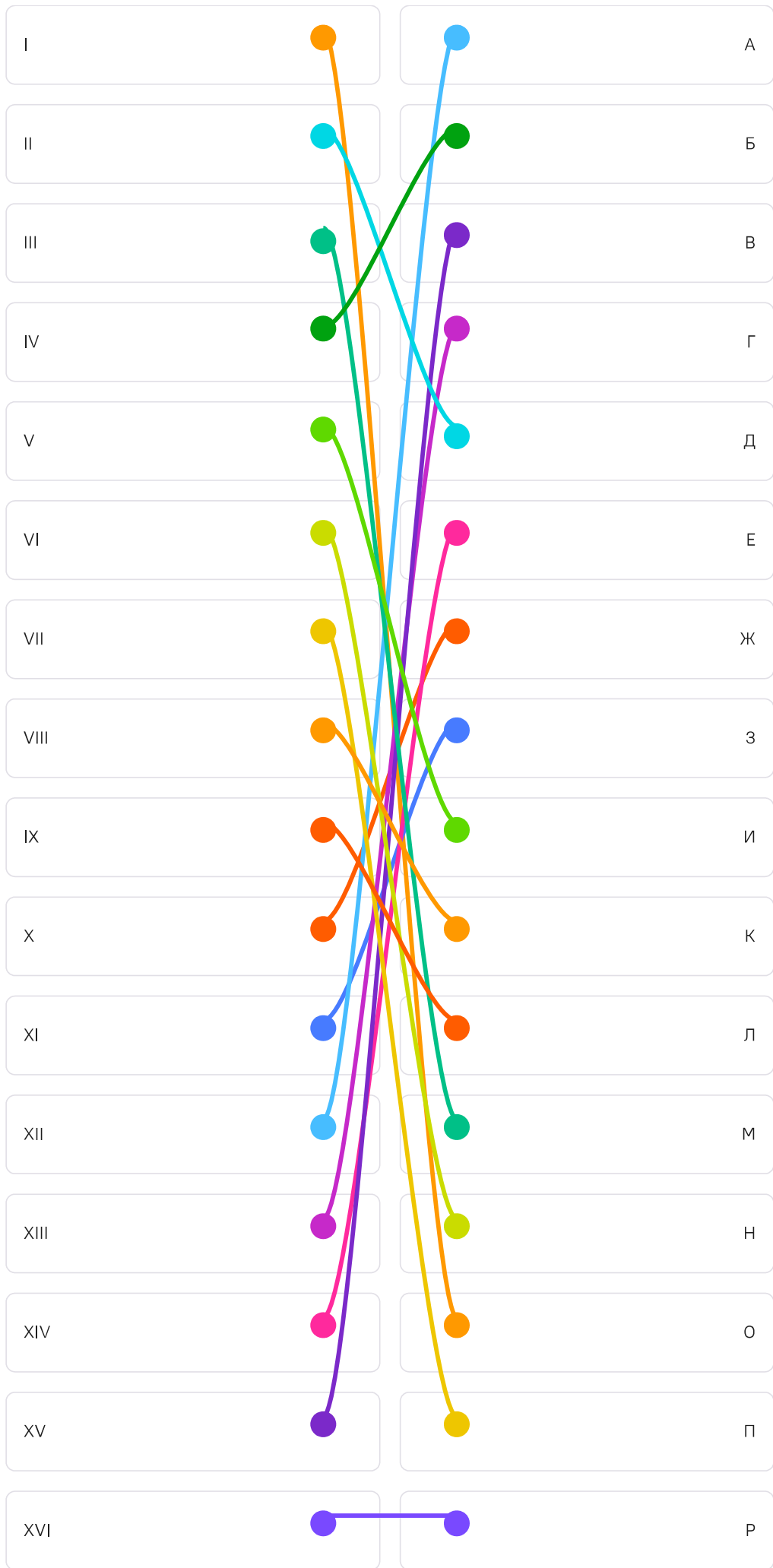
Размер хромосом у *S.cerevisiae*.

Источник: [https://www.ncbi.nlm.nih.gov/datasets/genome/GCF\\_000146045.2/](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/datasets/genome/GCF_000146045.2/)

Соотнесите полосы, обозначенные буквами, с хромосомами, обозначенными римскими цифрами.



Электрофорограмма геномных последовательностей пекарских дрожжей.





При проведении пульс-фореза в агарозном геле используют интеркалирующий краситель — бромистый этидий. Было установлено, что для того, чтобы полоса ДНК на геле могла быть различима глазом необходимо, чтобы масса ДНК составляла 3 нанограмма. Сколько копий VII хромосомы пекарских дрожжей будет находиться в такой полосе, при условии, что хроматин выделяли из интерфазных клеток (G1)? При ответе считайте, что молекулярная масса одной пары нуклеотидов соответствует 660 атомарных единиц.

2500000