

# Московская олимпиада школьников. Генетика. 10 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

Бомбейский синдром по отношению к группам крови является данным видом неаллельного взаимодействия генов:

- а) доминантный эпистаз
- б) рецессивный эпистаз
- в) некумулятивная полимерия
- г) множественный аллелизм

## № 2

---

1 балл

### Задание 1.2

У овец комолость (безрогость) — моногенный признак с двумя аллелями. У овец аллель комолости проявляется как доминантный, а у баранов как рецессивный. Скрестили рогатого самца и комолую самку. В потомстве было получено  $\frac{3}{4}$  рогатых и  $\frac{1}{4}$  комолых ягнят. Какое расщепление следует ожидать от скрещиваний комолой овцы из потомства с ее рогатыми братьями?

а) 5:3

б) 9:7

в) 3:1

г) 1:1

## № 3

---

1 балл

### Задание 1.3

Известно, что у эльфов Средиземья дальтонизм наследуется схожим образом с людьми, однако имеет неполную пенетрантность. Для особей, несущих только аллель, приводящий к дальтонизму, пенетрантность 80 %, для гетерозигот по данному гену – 40%. Правитель Ривенделла Элронд страдает дальтонизмом, а его жена Келебриан нормально различает цвета, их дочь Арвен также дальтоник. С какой вероятностью у Элронда и Келебриан может родиться ребенок, не имеющий дальтонизма?

а) 25%

б) 50%

в) 75%

г) 22%

#### № 4

---

1 балл

##### Задание 1.4

У определенного вида бабочек ген, ответственный за цвет крыльев, и ген, определяющий наличие пятен—"глазков", находятся на 1 хромосоме на расстоянии 10 сМ. Красный цвет крыльев и наличие "глазков" – доминантные признаки. Признаки не сцеплены с полом. Также известно, что у самцов данного вида не идет кроссинговер. Скрестили самку с красными крыльями с глазками и самца с красными крыльями без глазков. В потомстве от этого скрещивания было получено 2,5% особей с белыми крыльями без глазков. Какую долю в этом потомстве составляют особи с генотипом отца?

а) 45%

б) 22,5%

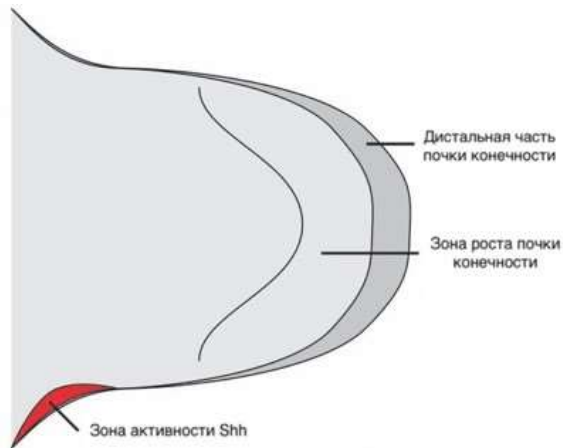
в) 2,5%

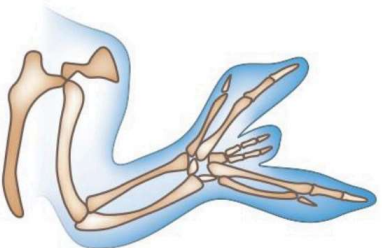

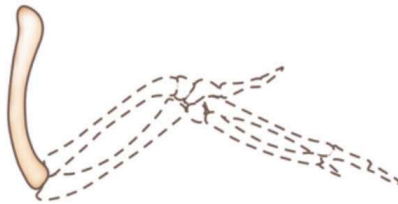
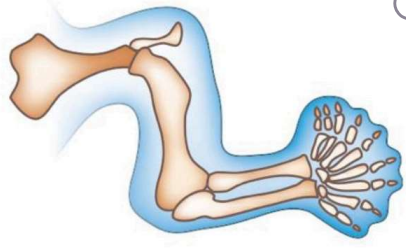
г) 47,5%

1 балл

**Задание 1.5**

Ген *Sonic Hedgehog (Shh)* выполняет важную роль во время развития конечности. Зона его активности находится в задней части почки конечности (см. схему ниже). Правильная локализация активности этого гена необходима для нормально формирования переднезадней оси конечности (от большого пальца к мизинцу). Определите, какой фенотип конечности будет наблюдаться, если зона активности *Shh* будет искусственно получена и в передней, и в задней части почки конечности.



<p>A)  <input checked="" type="checkbox"/></p>	<p>Б)  <input type="checkbox"/></p>
<p>В)  <input type="checkbox"/></p>	<p>Г)  <input type="checkbox"/></p>

№ 6

---

1 балл

**Задание 1.6**

Причиной, ограничивающей максимальное число хромосом в кариотипе какого-либо вида эукариот, является:

- а) слишком высокое генетическое разнообразие потомства при избыточном числе хромосом
- б) пропорциональная зависимость между числом хромосом и размером генома, вызывающая увеличение числа генных мутаций
- в) повышение вероятности потери хромосом во время деления при увеличении числа хромосом
- г) снижение вероятности генетической рекомбинации в пересчете на одну хромосому и уменьшение генетического разнообразия потомства

№ 7

---

1 балл

**Задание 1.7**

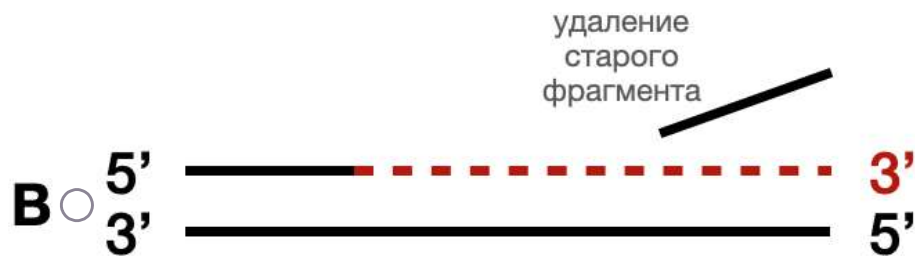
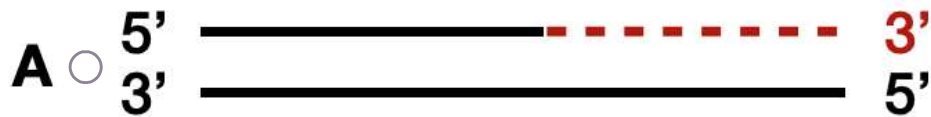
Из перечисленного списка выберите фазу, в которой вероятнее всего может произойти потеря гетерозиготности по аллелю одного гена?

- а) G1-фаза
- б) S-фаза
- в) M-фаза
- г) G0-фаза

1 балл

## Задание 1.8

ДНК-полимераза I кишечной палочки является первой идентифицированной полимеразой. Фермент представляет из себя полипептид, в котором можно выделить 3 домена: N-концевой домен обладает 5'-3' экзонуклеазной активностью, С-концевой домен обладает 5'-3' полимеразной активностью. Наконец, срединный домен обладает 3'-5' экзонуклеазной активностью. При обработке трипсином можно провести гидролиз ДНК полимеразы I с образованием фрагмента Клёнова (Klenow fragment), у которого отсутствует 5'-3' экзонуклеазная активность. На рисунке представлены 4 варианта активности. Выберите, какая активность может наблюдаться у фрагмента Клёнова, но не у полного фермента ДНК-полимеразы I.



**№ 9**

---

1 балл

**Задание 1.9**

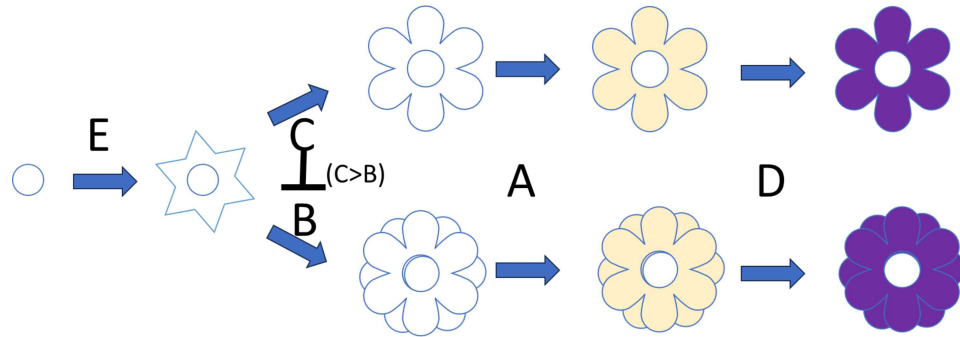
Исследователь взял 100 особей некоторого гермафродитного диплоидного организма и посадил их вместе друг с другом. 80 из них были доминантными гомозиготами по некоторому аутосомному аллелю, другие 20 были рецессивными гомозиготами. Через сколько поколений в образовавшейся популяции будет достигнуто равновесие Харди–Вайнберга?

 а) 1 б) 2 в) 3 г) Никогда, т.к. организм является гермафродитом

1 балл

## Задание 1.10

Сколько фенотипических классов может получиться при скрещивании  $AabbCcDDee$  с  $AaBbCcDdEe$ , если известно, что все гены взаимодействуют между собой по нижеприведенной схеме и наследуются независимо.

 а) 3 б) 4 в) 5 г) 6



**№ 11**

1 балл

**Задание 1.11**

Ива белая — двудомное тетраплоидное растение, которое является высоким раскидистым деревом, растущим вдоль рек и озёр на большей части территории Евразии. Это растение используют при озеленении околородных территорий. Ива белая неустойчива к парше, вызываемой грибом-аскомицетом *Pallacia saliciperda*. Селекционеры трансформировали при помощи агробактерии культуру клеток листа ивы белой, вставив в ядерный геном, в шестую аутосому, ген  $I^R$ . Агробактерия имеет плазмиду, в которую можно вставить ген интереса, при трансформации этот ген вводится в геном растения. Ген  $I^R$  кодирует белок-ингибитор одного из ферментов синтеза вторичного метаболита *Pallacia saliciperda*, без которого этот грибок не может противостоять врождённому иммунитету ивы. Из трансформированной культуры клеток вырастили 10 молодых деревьев. Все деревья оказались женскими особями. Женские деревья скрестили с мужским растением дикого типа. Выберите верное утверждение о результатах такого скрещивания.

- а) Все потомки первого поколения будут иметь по два аллеля  $I^R$  в ядерном геноме
- б) Все мужские особи первого поколения не будут иметь ген  $I^R$
- в) 1/4 женских особей будут нести по одному аллелю  $I^R$
- г) Среди потомков могут оказаться особи, не несущие ген  $I^R$

**№ 12**

1 балл

**Задание 1.12**

Популяция американского бизона сократилась от 360 млн особей в 15 веке до 750 особей в 1890, после чего популяция достигла численности в 260 тыс особей в 2000 году. Данный пример иллюстрирует:

- а) храповик Мёллера
- б) эффект основателя
- в) поток генов
- г) эффект бутылочного горлышка

**№ 13**

---

1 балл

**Задание 1.13**

Ген А существует в популяции в 8 аллельных вариантах ( $A_1, A_2, \dots, A_8$ ). Рассчитайте, какое теоретическое количество генотипов возможно у диплоидного организма по данному гену.

 а) 16 б) 24 в) 36 г) 64**№ 14**

---

1 балл

**Задание 1.14**

Дрозофил с черным телом скрестили с особями, имеющими серое тело. В первом поколении было получено потомство с серым телом. Во втором поколении наблюдалось расщепление на серых и черных дрозофил в соотношении 9:7. Какое соотношение фенотипов будет получено при скрещивании дрозофил первого поколения с черными родительскими мухами?

 а) 1:1 б) 3:1 в) 2:1:1 г) 9:7

**№ 15**

---

1 балл

**Задание 1.15**

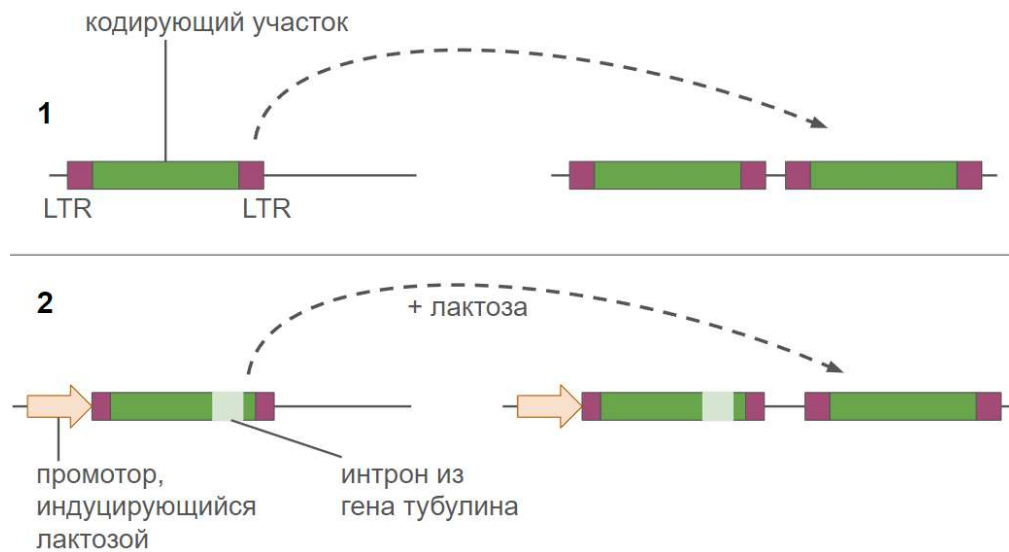
Белок М ответственен за желтую окраску некоторого организма, в популяции его ген представлен двумя аллелями – В и в. Аллель В кодирует функциональный белок, а аллель в нет, наличия одного функционального аллеля достаточно для развития окраски. Предположим, что в равновесной популяции нашего организма частота аллеля в составляет 0.3. Исследователь случайным образом выбирает из популяции организм желтого цвета и скрещивает его с организмом без цвета. Какова вероятность того, что все потомки от этого скрещивания будут иметь желтый цвет? Округлите до второго знака после запятой.

 а) 0,50 б) 0,49 в) 0,37 г) 0,54

1 балл

## Задание 1.16

На схеме ниже представлена схема эксперимента по изучению механизма распространения Ty-транспозона дрожжей. Внимательно изучив эту схему, выберите, какое наблюдение доказывает данный эксперимент.



- а) Ty-транспозон распространяется через репликацию ДНК
- б) Ty-транспозон распространяется через механизм "вырезание-вставка"
- в) Ty-транспозон теряет часть своего кодирующего участка при каждом новом распространении
- г) Ty-транспозон распространяется через механизм обратной транскрипции

## № 17

---

1 балл

### Задание 1.17

У некоторого организма мужской пол определяется после активации гена на половой хромосоме, в результате чего происходит метилирование промоторных участков генов, участвующих в метаболизме эстрогенов. Данный механизм определения пола следует относить к:

а) прогамному

б) эпигамному

в) хромосомному

г) геномному

## № 18

---

1 балл

### Задание 1.18

Возникновение некоторой точечной мутации в геноме приводит к замене одной аминокислоты на другую во всех белках данного организма. В какой части генома произошла эта мутация?

а) в промоторе белок-кодирующего гена

б) в последовательности гена транспортной РНК

в) в интроне белок-кодирующего гена

г) в последовательности рибосомального белка

№ 19

1 балл

Задание 1.19

Вы скрестили двух предположительно гетерозиготных животных с доминантным фенотипом и получили трех потомков – одного с доминантным фенотипом и двух с рецессивным фенотипом. Из этого следует, что:

- а) животные действительно гетерозиготны, изучаемый аллель в гомозиготе летален
- б) животные действительно гетерозиготны, «доминантный» фенотип на самом деле рецессивен, а «рецессивный» – доминантен
- в) животные действительно гетерозиготны, распределение фенотипов среди трех потомков могло быть любым
- г) животные не гетерозиготны, наследование признака полигенно

№ 20

1 балл

Задание 1.20

Модель нуклеотидной эволюции Felsenstein (F81) подразумевает, что частоты нуклеотидов не равны между собой, однако частоты переходов из одного нуклеотида в другой равны друг другу. Оцените число степеней свободы данной модели нуклеотидной эволюции:

F81	A	C	G	T
A	$-(\pi_C + \pi_G + \pi_T)$	$\mu\pi_C$	$\mu\pi_G$	$\mu\pi_T$
C	$\mu\pi_A$	$-(\pi_A + \pi_G + \pi_T)$	$\mu\pi_G$	$\mu\pi_T$
G	$\mu\pi_A$	$\mu\pi_C$	$-(\pi_A + \pi_C + \pi_T)$	$\mu\pi_T$
T	$\mu\pi_A$	$\mu\pi_C$	$\mu\pi_G$	$-(\pi_A + \pi_C + \pi_G)$

- а) 0
- б) 1
- в) 2
- г) 3

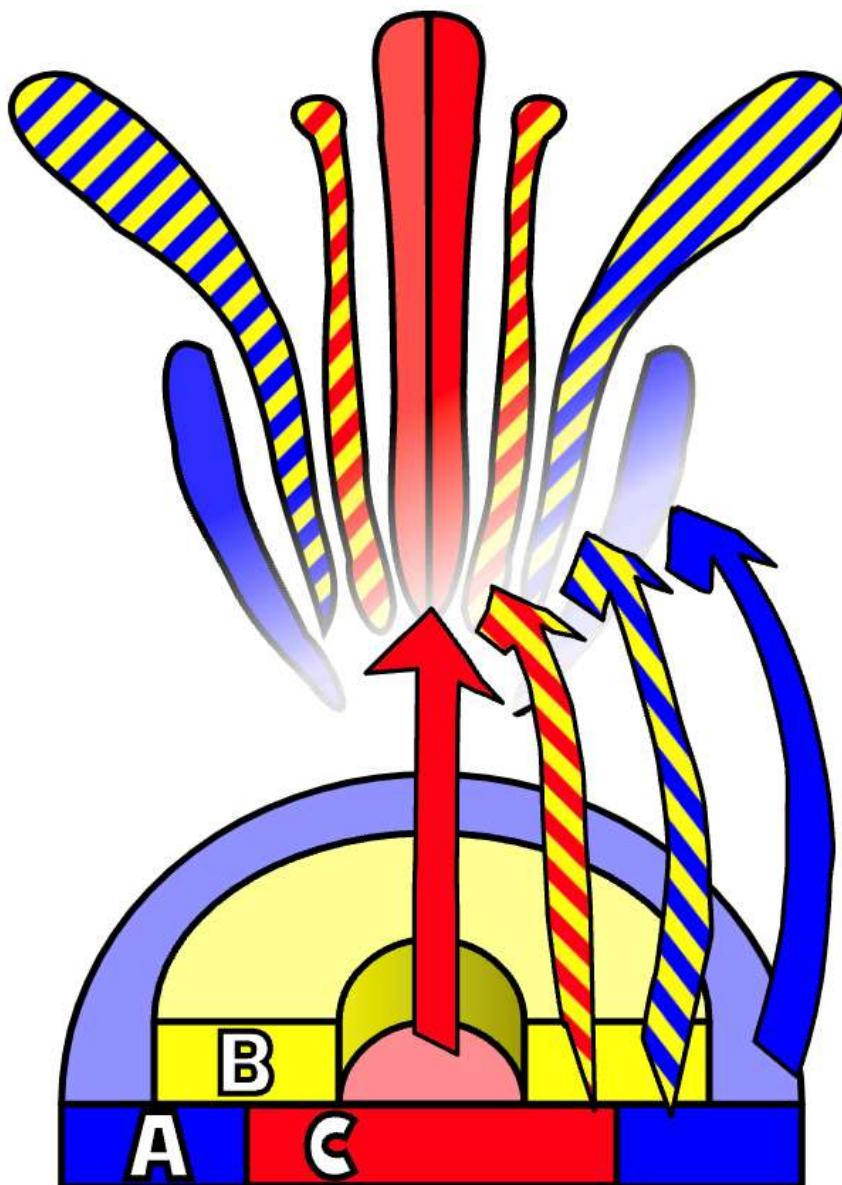
## II часть

Вам предлагаются задания с множественным выбором ответа.

5 баллов

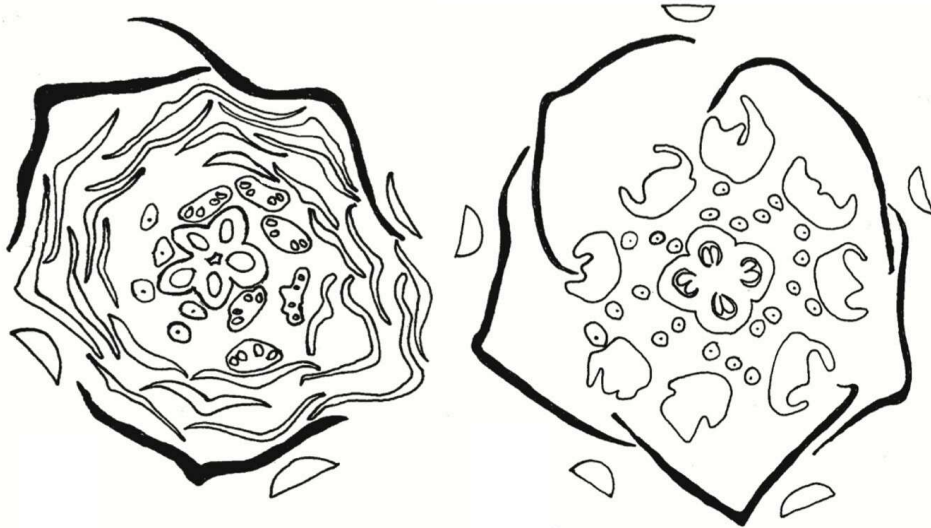
**Задание 2.1**

Развитие цветка двудольного растения может быть описано ABC-моделью, объединяющей и предсказывающей факты о роли гомеозисных генов в контроле развития органов цветка. Согласно этой модели три группы генов, кодирующих транскрипционные факторы, взаимодействуют друг с другом и определяют пути развития примордиев в генеративной меристеме. В первом, наружном, круге примордиев экспрессируются гены группы А, что даёт начало чашелистикам; во втором круге совместно работают гены групп А и В, что приводит к развитию лепестков. Развитие тычинок контролируется генами группы В и С, а формирование плодolistиков происходит при наличии генов группы С. На представленном изображении графически отображено взаимодействие групп гомеозисных генов в спецификации примордиев цветка. На схеме группы генов А и С размещены на одном уровне, что отражает возможность расширения зоны экспрессии одной группы при потере способности к экспрессии у другой группы.



Красивое декоративное и лекарственное растение чернушка дамасская (*Nigella damascena*) из семейства Лютиковые имеет две морфы цветков — одинарную (single) и двойную (double). Цветок одинарной морфы состоит из пяти ярких чашелистиков и пяти нектароносных лепестков. В цветке двойной морфы количество чашелистиков уменьшается до трёх, а вот количество лепестков возрастает. Рассмотрите изображения срезов цветков чернушки двух морф, чашелистики показаны чёрными закрашенными фигурами.





двойная морфа *Nigella damascena* одинарная морфа

Какие утверждения об особенностях экспрессии гомеозисных генов в цветке двойной морфы являются верными?

- а) В цветке двойной морфы отсутствуют гены из группы А
- б) Если для получения мутанта с потерей функций по генам группы С использовать растения двойной морфы, то у этого мутанта в цветке тычинки заменятся на лепестки, а плодолистики станут чашелистиками
- в) Цветки двойной морфы стерильны по андроцею, но фертильны по гинецею
- г) В цветках двойной морфы граница, разделяющая зоны экспрессии генов группы А и С, смещена ближе к центру генеративной меристемы по сравнению с цветками одинарной морфы
- д) В цветке двойной морфы граница между зонами экспрессии генов групп А и С выражена менее строго, чем в цветке одинарной морфы

## № 2

5 баллов

### Задание 2.2

Отдельным вопросом при работе с растениями является учет их полиплоидности при решении генетических задач. Однако задача сильно облегчается, если анализируемый ген расположен вблизи центromеры и наследуется по хромосомному механизму, что связано с невозможностью кроссинговера между хроматидами разных хромосом. Считая, что ген А наследуется по хромосомному механизму, укажите верные доли гамет, которые будет давать гексаплоид ААААаа.

а) ААа - 3/4

б) ААа - 3/5

в) Ааа - 1/5

г) Ааа - 1/4

д) ааа - 1/16

## № 3

5 баллов

### Задание 2.3

При скрещивании одуванчика с оранжевым крупным цветком и растения с желтым и мелким цветком получили потомков с желтыми крупными цветками. При анализирующем скрещивании гибридов из F<sub>1</sub> в потомстве было четыре фенотипические группы по 1498, 1552, 245 и 255 особей. Выберите верные утверждения.

а) ген окраски цветка сцеплен с полом

б) расстояние между генами приблизительно 14 сантиморганид

в) гены окраски и размера цветка наследуются независимо

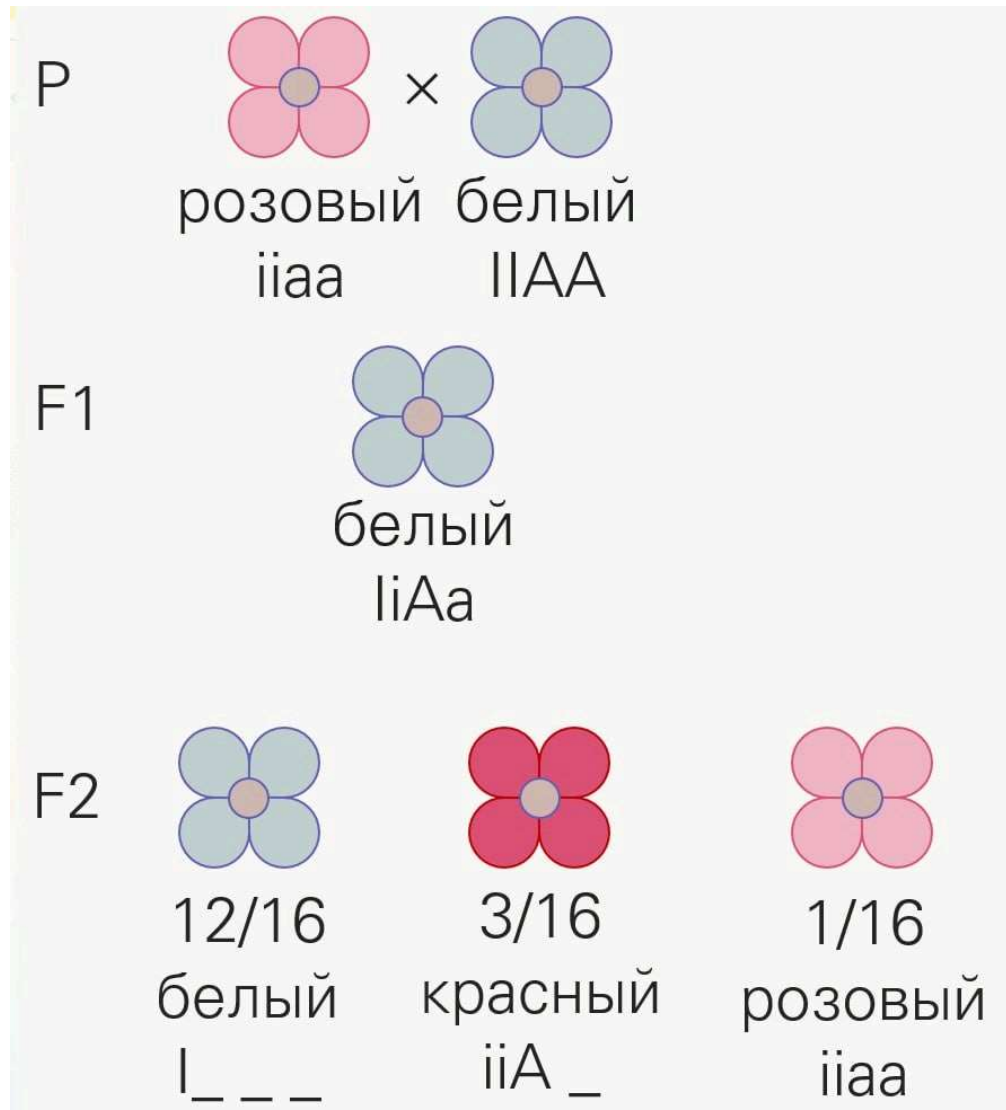
г) размер цветка наследуется по механизму полного доминирования

д) во втором скрещивании группа из 245 особей может быть группой с желтыми крупными цветками или оранжевыми мелкими

5 баллов

## Задание 2.4

Рассмотрите рисунок, показывающий характер наследования окраски венчика цветка. Выберите пункты, с помощью которых можно описать механизм такого наследования.

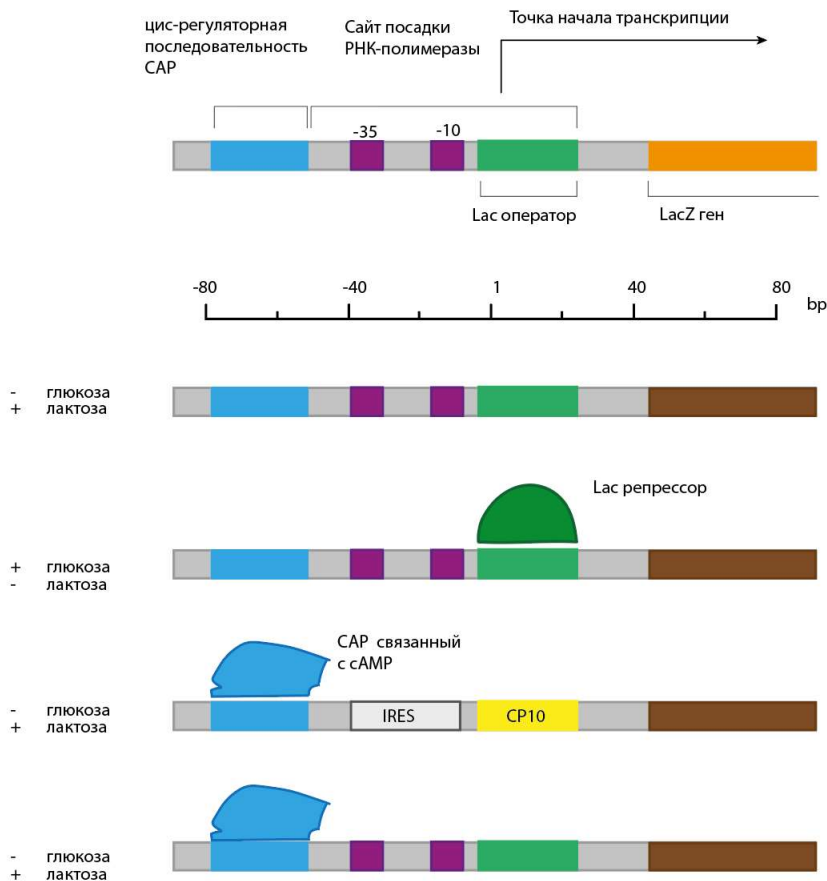


- а) одновременное действие двух доминантных аллелей дает уникальный вариант признака
- б) полимерия
- в) проявление одного гена может подавляться супрессором
- г) рецессивный эпистаз
- д) проявление признака регулируется неаллельными генами

5 баллов

## Задание 2.5

Рассмотрите схему устройства лактозного оперона бактерии. В эксперименте данный оперон подвергался различным модификациям с целью увеличить уровень экспрессии целевого белка (обозначен на схеме коричневым цветом). CP10 – последовательность конститутивного (постоянно активного) промотора. Выберите верные суждения о данных модификациях.



- а) на среде с глюкозой и без лактозы целевой белок будет экспрессироваться слабо или вовсе не будет экспрессироваться
- б) при добавлении IRES вместо сайта посадки РНК-полимеразы экспрессия целевого белка увеличится благодаря привлечению дополнительного количества ферментов
- в) самый высокий уровень экспрессии целевого белка будет характерен для варианта оперона, в котором не было произведено никаких модификаций
- г) при добавлении белка CAP, связанного с цАМФ, экспрессия целевого гена не меняется и остается сравнительно высокой
- д) при добавлении конститутивного промотора совместно с белком CAP (связанного с цАМФ) экспрессия целевого гена будет в несколько раз

№ 6

5 баллов

**Задание 2.6**

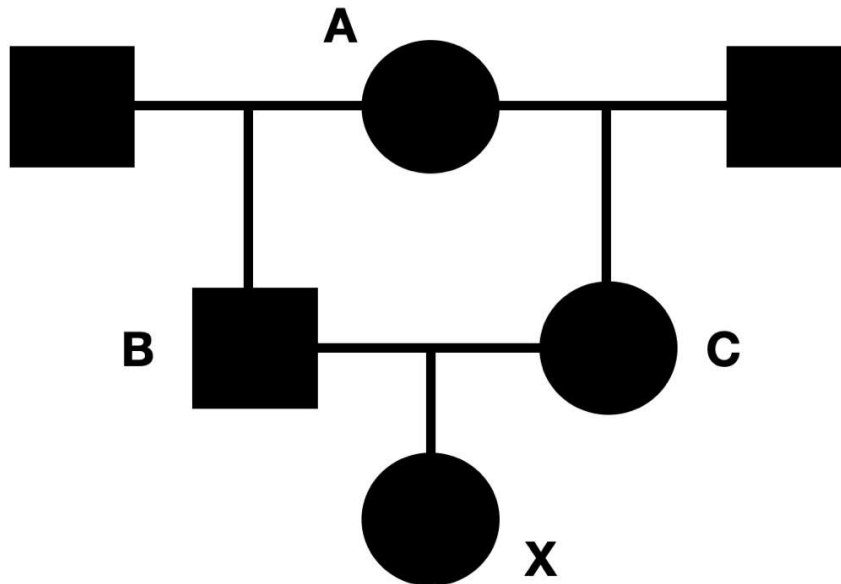
Определение пола у животных может быть обусловлено различными механизмами, включая генетические и средовые факторы. Выберите правильные утверждения о способах определения пола у указанных животных.

- а) У пчёл пол определяется числом хромосомных наборов: самцы развиваются из неоплодотворённых яиц и являются гаплоидными, а самки - диплоидными и развиваются из оплодотворённых яиц
- б) У аллигаторов пол определяется генетически, при этом наличие или отсутствие Y-хромосомы определяет половую принадлежность особи
- в) У морских черепах пол определяется температурой инкубации яиц, где более высокие температуры обычно приводят к развитию самцов, а более низкие - к самкам
- г) У попугаев пол определяется сезонными изменениями в окружающей среде, такими как длина дня и доступность пищи, влияющими на гормональный фон и развитие половых признаков
- д) У плодовых мушек пол определяется числом X-хромосом: у самцов X-хромосома одна, а у самок две или больше X-хромосом

5 баллов

## Задание 2.7

При изучении генетического разнообразия небольших популяций ученые часто сталкиваются с проявлениями инбридинга, вносящего ошибку в определение истинных частот аллелей. Одним из способов оценить такую ошибку является расчет коэффициента инбридинга ( $F$ ) – вероятности того, что два аллеля в потомке унаследовались от единой копии в общем предке.



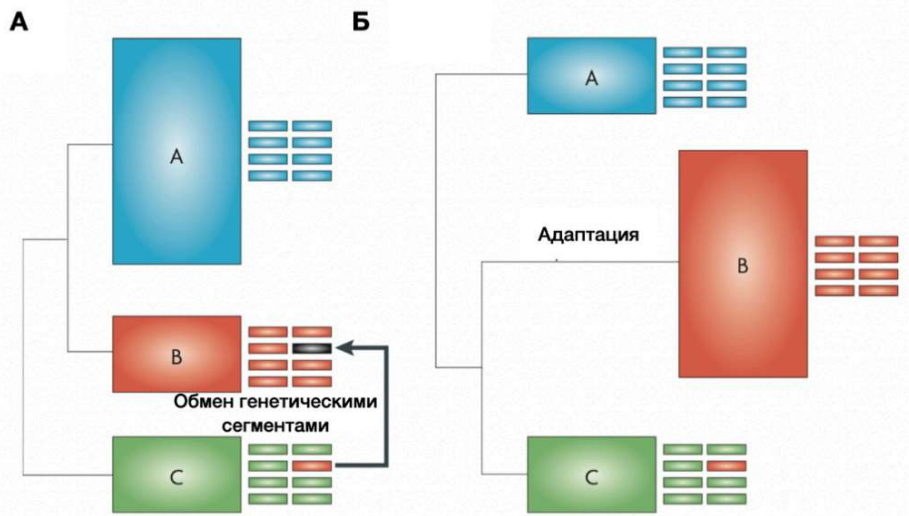
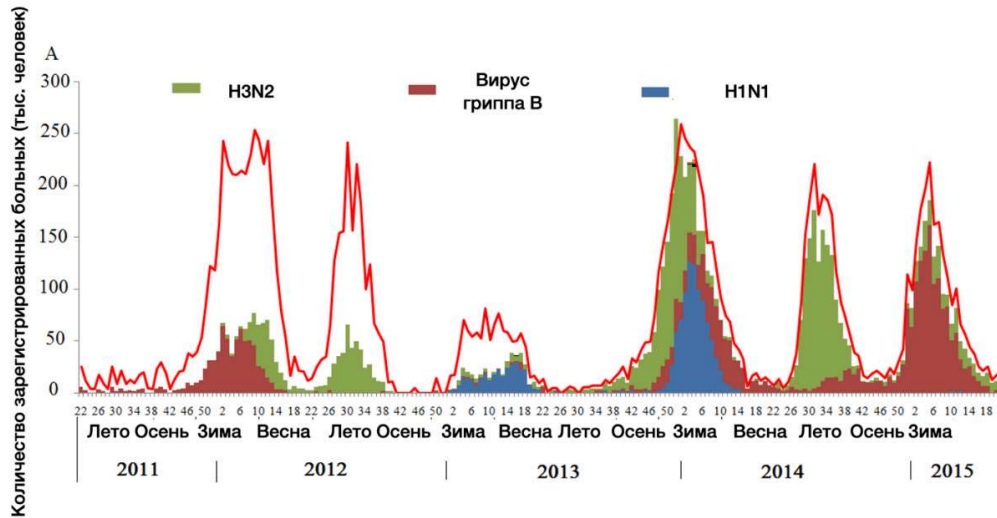
Внимательно изучив представленное дерево укажите, какие из нижеперечисленных утверждений верные. Считайте, что в данном примере рассматривается наследование только одного аутосомного гена.

- а) Коэффициент инбридинга особи X ( $F_x$ ) равен  $1/8$
- б) Коэффициент инбридинга для еще одного ребенка от B и X составит  $3/32$
- в) Если предположить, что коэффициент инбридинга особи A ( $F_A$ ) составляет  $1/2$ , то коэффициент инбридинга для еще одного ребенка от B и C составит  $3/16$
- г) С учетом коэффициента инбридинга ( $F$ ) для расчета пропорции доминантных гомозигот в популяции можно использовать формулу  $fA/A = p^2 + 2pqF$ , где  $p$  – доля аллеля A, а  $q$  – аллеля a
- д) Чем ниже доля рецессивного аллеля  $q$  в популяции, тем сильнее инбридинг повышает риск появления рецессивной гомозиготы в потомстве

5 баллов

**Задание 2.8**

Рассмотрите гистограмму, отражающую динамику распространения различных штаммов вируса гриппа А в человеческой популяции, а также модель филогенетического дерева вируса. Выберите верные утверждения.



- а) вспышки вируса гриппа А наблюдаются, в основном, в зимний период
- б) наиболее инфекционно-опасный штамм вируса гриппа А не менялся уже в течение 20 лет
- в) в летний период популяция вируса гриппа в странах с умеренным климатом подвергается эффекту бутылочного горлышка

г) новые варианты наиболее инфекционно-опасных вирусов образуются исключительно из тех штаммов, которые были наиболее опасными в предыдущие годы

д) вирус гриппа А имеет геном, который состоит из нескольких сегментов, способных к независимой комбинации

№ 9

5 баллов

**Задание 2.9**

У некоторого организма существует белок Х, который является гомоолигомером. Он состоит из 6 субъединиц, наличие одной или двух мутантных субъединиц не мешает белку Х нормально выполнять свою функцию, но наличие трех или более мутантных субъединиц делает белок Х нефункциональным. Пусть в геноме организма ген субъединицы представлен в трех копиях, то есть существует 3 гена– А, В и С. У каждого из них по два аллеля, с аллеля, обозначенного большой буквой, синтезируется нормальный белок, а с обозначенного маленькой буквой– мутантный. У организма с генотипом АаВbСс будет одинаковое количество нормальных и мутантных субъединиц, которые случайным образом будут комбинироваться между собой, формируя 6–субъединичный белок Х. Для формирования нормального фенотипа, больше половины молекул белка Х должны быть функциональными, то есть иметь менее трех мутантных субъединиц. Выберите пары родителей, в скрещивании которых половина или больше потомков будут иметь нормальный фенотип.

а) ААВВСС х ааbbcc

б) ААВbcc х ААbbCc

в) АаВbСс х АаВbСс

г) ааВbСС х ААВВСС

д) ааВВСс х ааВВСС



5 баллов

**Задание 2.10**

Начинающий биоинформатик Федя столкнулся с задачей выравнивания нуклеотидных последовательностей. Опытный коллега Феде посоветовал ему использовать матрицу Кимуры для определения весов за сопоставление позиций в выравнивании и даже отправил ему необходимый файл. В этом файле хранились вероятности перехода одного нуклеотида в другой, по которым можно рассчитать вес за их сопоставление в выравнивании. Но Федя не смог скачать файл целиком и получил "битую" версию матрицы. Помогите Феде восстановить пропущенные значения в скачанном файле и разобраться в матрице Кимуры:

	A	G	C	T
A	0.1	XXX	0.03	XXX
G	XXX	0.1	0.08	0.03
C	0.03	XXX	XXX	0.04
T	XXX	0.03	XXX	0.1

- а) Равновесные частоты появления для каждого нуклеотида в данной версии матрицы равны 0.25
- б) Вероятность перехода A → T в данной матрице составляет 0.03
- в) Вероятность перехода G → C в данной матрице составляет 0.04
- г) Данная версия матрицы Кимуры выставляет различные веса для транзиций двух типов
- д) Данная версия матрицы Кимуры выставляет различные веса для трансверсий двух типов

**III часть**

Вам предлагаются задания с развернутым ответом.

## № 1

---

3 балла

### Задание 3.1

Селекция против летальных аллелей приводит к нарушению законов Менделя и закона Харди-Вайнберга. Для создания искусственной популяции взяли желтых гетерозиготных мышей  $Yy$  (несут в гетерозиготном состоянии аутосомную доминантную мутацию  $Y$ , приводящую в гомозиготном состоянии к эмбриональной летальности). Обычные мыши  $yy$  серого цвета.

Какова вероятность рождения серой мыши у двух желтых? Ответ запишите в процентах, округлив до целых.

33

Какая доля мышей во втором поколении потомков будет серого цвета? Ответ запишите в процентах, округлив до целых.

50

Какой будет частота аллеля  $Y$  в третьем поколении потомков в этой популяции? Ответ запишите в процентах, округлив до целых.

20

## № 2

3 балла

### Задание 3.2

В скрещивании двух дигетерозиготных цветков душистого горошка было получено расщепление 7:3:6 по признаку цветка, где 7/16 потомства имели белые цветки, 6/16 имели розовые цветки, а 3/16 имели ярко-пурпурные цветки. Известно, что организм с генотипом  $aaBB$  имеет белые цветки, а организм с генотипом  $AABb$  имеет розовые цветки.

Какая доля потомства будет иметь розовые цветки при скрещивании организмов с генотипами  $AaBb$  и  $AABb$ ?

Ответ запишите в процентах, округлив до целых.

50

Какая доля потомства будет иметь розовые цветки при скрещивании организмов с генотипами  $AaBb$  и  $aaBb$ ?

Ответ запишите в процентах, округлив до целых.

25

Оказалось, что существует ген  $C$ , который в рецессивном состоянии эпистатически подавляет гены  $A$  и  $B$ , в результате чего все цветки оказываются белыми. Какой будет доля потомства с белыми цветками в результате скрещивания тригетерозигот? Ответ запишите в процентах, округлив до целых.

58

### № 3

5 баллов

#### Задание 3.3

Ваша лаборатория занимается изучением генетических особенностей различных представителей семейства Бобовые. Выполняя задачу, поставленную вашим научным руководителем, вы скрестили гомозиготное растение душистого горошка (*Lathyrus odoratus*) с фиолетовыми цветками и длинными пыльцевыми зёрнами (доминантные признаки) с гомозиготным растением из другой линии душистого горошка с красными цветками и круглыми пыльцевыми зёрнами. В первом поколении все растения имели фенотип первого родителя. При последующем анализирующем скрещивании потомков первого поколения появилось 640 особей имеющих четыре разных фенотипа: 260 особей имели фиолетовые цветки и длинные пыльцевые зёрна, 252 имели красные цветки и круглые пыльцевые зёрна, 78 имели фиолетовые цветки и круглые пыльцевые зёрна, 50 имели красные цветки и длинные пыльцевые зёрна. Все признаки, о которых идет речь в задаче, являются моногенными.

Напишите теоретическое расщепление, которое вы наблюдали бы, если предположить, что наследование генов не является сцепленным. Ответ запишите в формате последовательности чисел без разделителей и пробелов.

1111

Определите расстояние между генами, отвечающими за окраску цветов и форму пыльцевых зёрен, если они сцеплены (ответ укажите в сантиморганидах).

20

Научный руководитель перед началом эксперимента предложил вам предположить, каким будет расщепление. Вы, не задумываясь, предположили: 160, 160, 160, 160 (в пересчете на 640). Используя предполагаемое расщепление и то расщепление, которое Вы получили в ходе эксперимента, рассчитайте значение  $\chi^2$ -квadrat (в ответе укажите целое число).

233

Укажите количество степеней свободы.

3

Оцените верность гипотезы.

df	
1	3,841
2	5,991
3	7,815
4	9,488
5	11,070



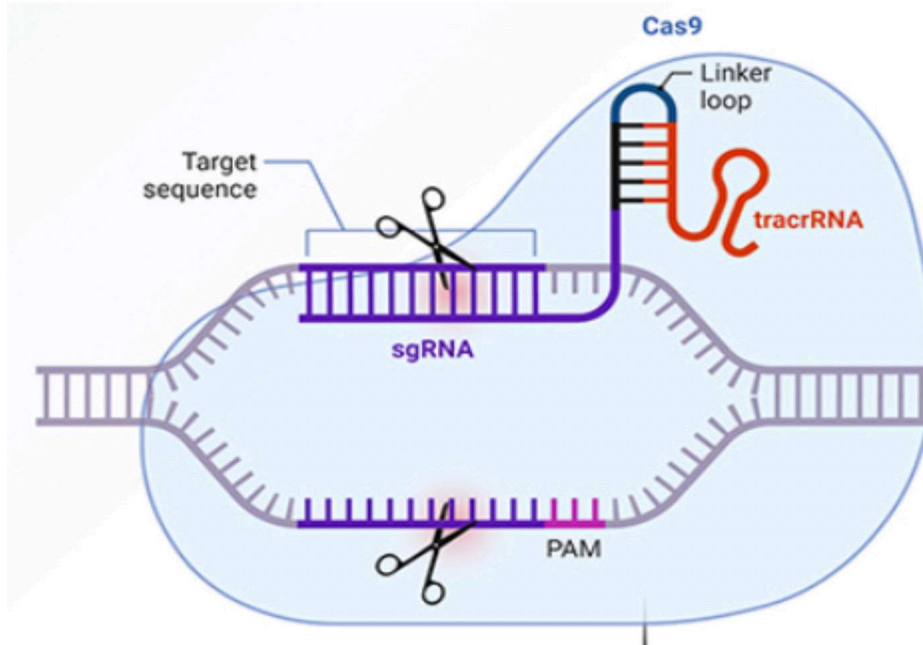
Верная гипотеза

№ 4

2 балла

**Задание 3.4**

Технология CRISPR-Cas9 используется для редактирования ДНК путём таргетного внесения двуцепочечных разрывов в последовательность ДНК. Механизм работы системы показан на рисунке (где PAM – тринуклеотид вида NGG (protospacer adjacent motif)).



Напишите последовательность sgРНК (от 5' к 3'), которая будет комплементарно связываться с целевой ДНК для внесения разрыва, так, как показано на рисунке, в последовательность, указанную ниже (| – символ разрыва):

ТGAGAGCCTGCTGATAGATGTCTCCGTCG|TAGAGTAACGTCGCTGCTAG

Учтите, что последовательность sgRNA, связывающаяся комплементарно, состоит из 20 нуклеотидов.

GCAGCGACGUACUCUACGA

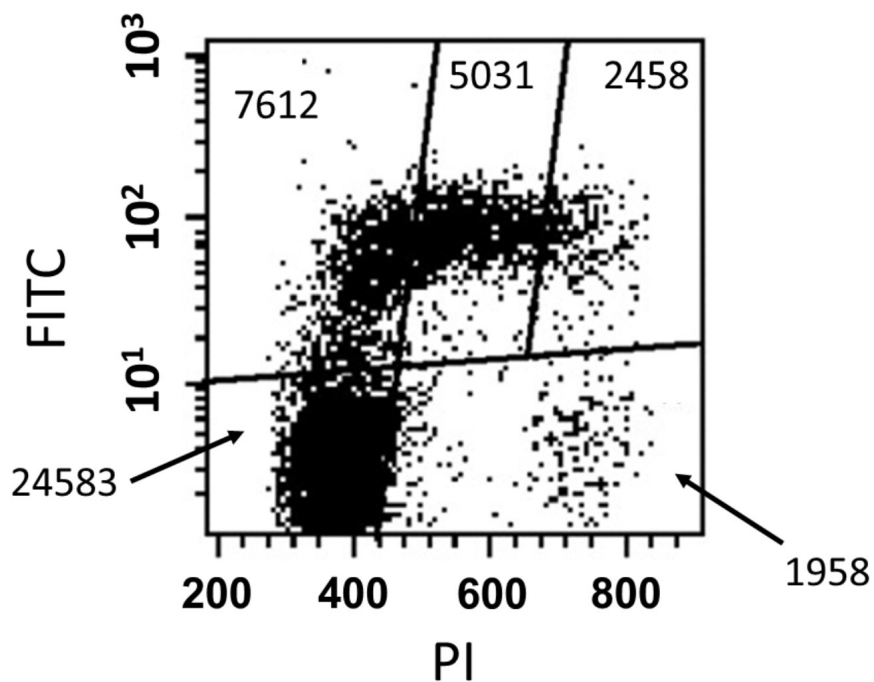
Иногда для большей специфичности используют несколько sgRNA (например, 2). Вычислите, во сколько раз использование двух вместо одной sgRNA повышает специфичность процедуры. В ответ запишите порядок числа (округлите до целых).

12

1 балл

**Задание 3.5**

Проточная цитофлуориметрия широко используется для анализа распределения клеток по фазам клеточного цикла (G1, ранняя S, средняя S, поздняя S, G2+M). Методика анализа может быть следующей. К живым клеткам в среду для культивирования добавляют на короткое время (20–30 минут) бромдезоксисуридин (BrdU), после чего клетки фиксируют 75% этанолом и обрабатывают антителами к BrdU, конъюгированными с флуорофором FITC. Затем эти же клетки обрабатывают РНКазой и добавляют к ним йодистый пропидий (PI) — краситель, который встраивается в двойную спираль ДНК. Окрашенные таким образом клетки анализируют на проточном цитометре, который измеряет интенсивность флуоресценции FITC и PI каждой клетки. На графиках показано распределение культуры клеток Jurkat (Т-клеточный лейкоз человека) по флуоресценции FITC и PI. Каждая точка на графике соответствует отдельной клетке. Интенсивности флуоресценции отложены на графике в условных единицах. Шкала интенсивности PI — линейная, шкала интенсивности FITC — логарифмическая. Для количественного анализа область построения графика была разбита на несколько зон. В каждой зоне показано число клеток, находящихся в этой зоне.



Определите долю клеток в популяции, которые находятся в ранней S-фазе клеточного цикла. Ответ запишите в процентах, округлив до целых.