

Московская олимпиада школьников. Генетика. 9 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

Томас Морган получил чистую линию белоглазых мух на основе единственного белоглазого самца с рецессивной X-сцепленной мутацией *white*. Схема скрещиваний, пригодная для этого:

- а) скрестить белоглазого самца с самкой дикого типа, отобрать в потомстве белоглазых самцов и самок, скрестить их между собой
- б) скрестить белоглазого самца с самкой дикого типа, затем скрестить его же с собственной дочерью, отобрать в потомстве белоглазых самцов и самок, скрестить их между собой
- в) скрестить белоглазого самца с самкой дикого типа, затем скрестить эту же самку с собственным сыном, отобрать в потомстве белоглазых самцов и самок, скрестить их между собой
- г) скрестить белоглазого самца с самкой дикого типа, затем скрестить между собой потомков этого скрещивания, отобрать в потомстве белоглазых самцов и самок, скрестить их между собой

№ 2

1 балл

Задание 1.2

Вы скрестили двух однозначно гетерозиготных животных (признак с полным доминированием) и получили трех потомков – одного с доминантным фенотипом и двух с рецессивным фенотипом. Вероятность такого распределения потомков:

а) 1/3

б) 1/64

в) 3/64

г) 9/64

№ 3

1 балл

Задание 1.3

Трисомиков сорта красnozерной кукурузы скрестили с диплоидной белозерной кукурузой. Все потомство было красноплодным. Что получится при скрещивании растения трисомика из потомства F1 с родительским диплоидным белозерным растением, если известно, что ген, определяющий окраску зерен локализован на хромосоме, по которой наблюдалась трисомия?

а) Красные плоды (единообразие)

б) Расщепление на красных и белых 1:1

в) Расщепление на красных и белых 3:1

г) Расщепление на красных и белых 5:1

№ 4

1 балл

Задание 1.4

Среди методов трансформации векторных молекул ДНК подходящим только для растений является:

- а) Биолистическая трансформация
- б) Вирусная трансформация
- в) Агробактериальная трансформация
- г) Электропорация

№ 5

1 балл

Задание 1.5

Какой набор хромосом и ДНК имеет первое редукционное тельце, появляющееся в ходе оогенеза в результате деления ооцита 1-го порядка

- а) $1n1c$
- б) $2n2c$
- в) $2n4c$
- г) $1n2c$

№ 6

1 балл

Задание 1.6

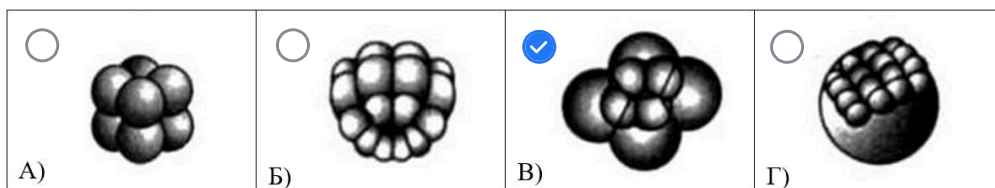
У эмбриона асцидии ярко выражена группа клеток, которая, в отличие от остальных бластомеров, имеет жёлтую окраску (из-за наличия в этих клетках жёлтого пигмента). Известно, что удаление этих клеток из зародыша приводит к формированию личинки без мышц хвоста. Определите, предшественниками какого зародышевого листка являются «жёлтые клетки»:

 а) энтодермы б) мезодермы в) эктодермы г) нервного гребня**№ 7**

1 балл

Задание 1.7

Известно, что у улитки большого прудовика направление закрученности раковины определяется на ранних стадиях развития в зависимости от направления дробления бластомеров. Определите, какая картинка соответствует дроблению большого прудовика?



№ 8

1 балл

Задание 1.8

Какое расщепление получится при скрещивании тетраплоидных розовых растений львиного зева с генотипом Аааа с белыми растениями, имеющими генотип аааа?

а) Расщепление 15:1 на белых и розовых соответственно

б) Расщепление 7:1 на белых и розовых соответственно

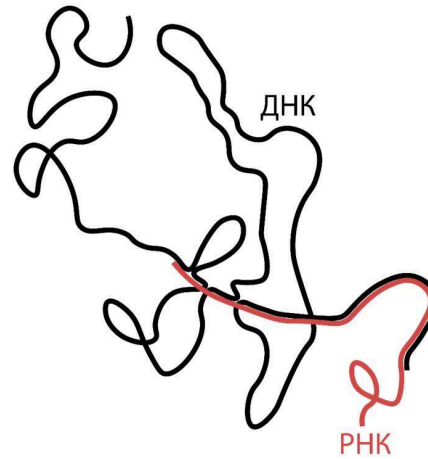
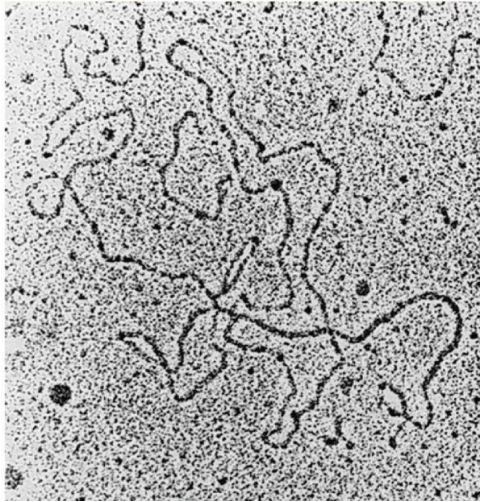
в) Расщепление 3:1 на белых и розовых соответственно

г) Расщепление 1:1 на белых и розовых соответственно

1 балл

Задание 1.9

Перед вами микрофотография, полученная в результате гибридизации ДНК и мРНК некоторого организма, а также схема расположения цепей нуклеиновых кислот на этой микрофотографии. Такой результат гибридизации может доказывать, что у этого организма есть:



- а) репликация
- б) трансляция
- в) обратная транскрипция
- г) сплайсинг

№ 10

1 балл

Задание 1.10

Гены А и В у дрозофил сцеплены, и каждый наследуется по типу полного доминирования. Ген А отвечает за красный цвет глаз, а ген В – за чёрное тело дрозофилы. В скрещивании взяли чистые линии чёрных самок с красными глазами и серых самцов с белыми глазами. Далее скрестили получившихся самок с самцами и получили следующее расщепление во втором поколении:

70% – дрозофилы с красными глазами и чёрным телом

20% – дрозофилы с белыми глазами и серым телом

5% – дрозофилы с красными глазами и серым телом

5% – дрозофилы с белыми глазами и чёрным телом

Чему равна частота кроссинговера между генами А и В? Учтите, что у самцов дрозофилы кроссинговера нет.

а) 10

б) 12.5

в) 20

г) 23

№ 11

1 балл

Задание 1.11

Синдром Дауна может возникнуть в результате:

а) делеции теломер

б) инверсии

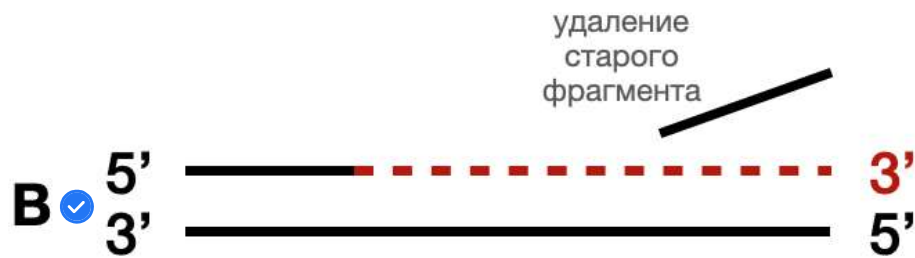
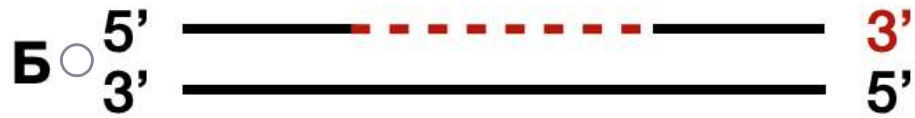
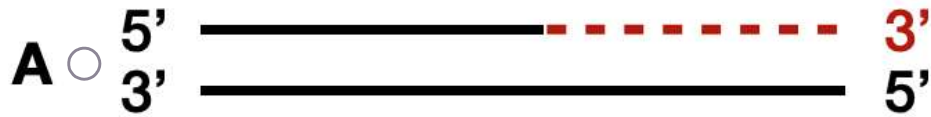
в) робертсоновской транслокации

г) дупликации короткого плеча 23 хромосомы

1 балл

Задание 1.12

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 ДНК-полимеразы I, но не у полного фермента фрагмента Клёнова.



1 балл

Задание 1.13

На рисунке показано значение пола людей в зависимости от особенностей строения их половых хромосом. На основании данного изображения выберите верное утверждение.

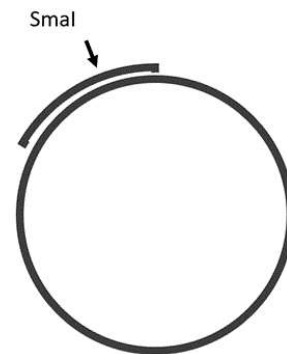
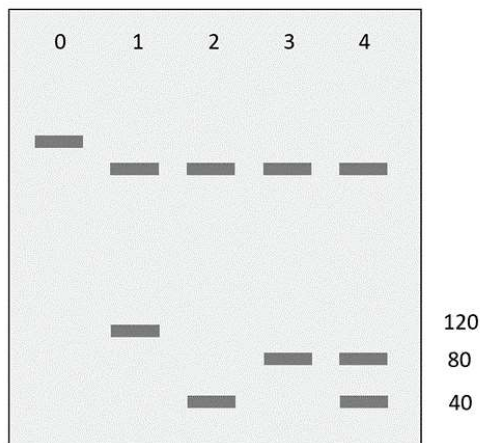


- а) пол человека является признаком, который определяется множеством генов (больше 100), которые располагаются в псевдоаутосомном участке половых хромосом
- б) пол человека является признаком, ведущую роль в определении которого играет ген SRY, наличие или отсутствие которого может привести к изменению пола
- в) пол человека является признаком, который определяется исключительно кариотипически
- г) пол человека является признаком, который определяется по механизму дозовой компенсации

1 балл

Задание 1.14

Смешали образец, представляющий собой кольцевую одноцепочечную молекулу ДНК, с образцом линейной 120-нуклеотидной молекулы ДНК, которая комплементарна участку на кольцевой молекуле. Каждый из образцов представляет из себя большое количество копий молекулы ДНК. На получившихся гами-дуплексах (см. рисунок) оказался сайт узнавания эндонуклеазы рестрикции *Sma*I в 40 нуклеотидах от 5'-конца линейного олигонуклеотида. Эта рестриктаза расщепляет двуцепочечную ДНК ровно посередине своего сайта узнавания с образованием тупых концов. После обработки смеси эндонуклеазой рестрикции, добавляли хеликазу X и необходимые для загрузки хеликазы на ДНК компоненты. Затем наносили образцы на электрофорез. На какой из дорожек будут полосы, соответствующие разделению полученной в итоге смеси ДНК? На дорожку № 0 нанесен чистый препарат гами-дуплексов; на электрофорезе отмечены длины фрагментов ДНК. Известно, что хеликаза X участвует в репликации, где движется по отстающей цепи ДНК.


 а) 1

 б) 2

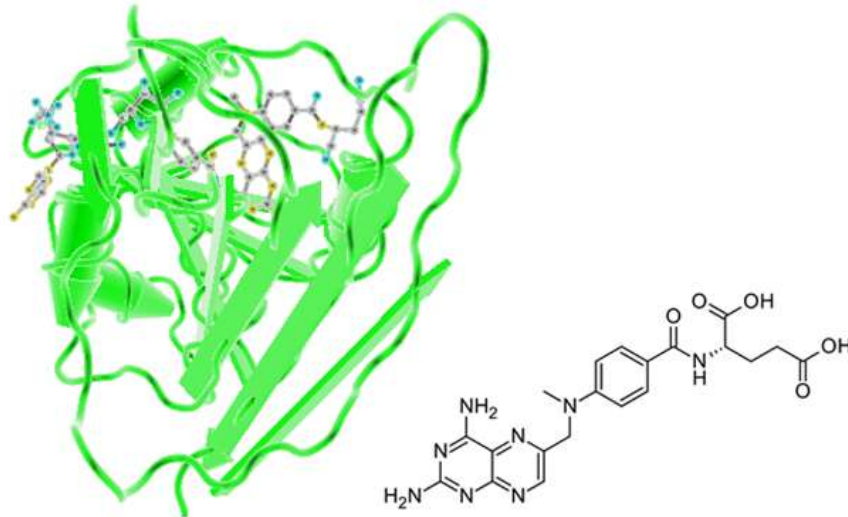
 в) 3

 г) 4

1 балл

Задание 1.15

На рисунке показана кристаллическая структура некоторого цитотоксического препарата в комплексе с молекулой мишенью. Рассмотрите структуру и выберите наиболее верное утверждение о механизме токсического действия данного препарата на клетки человека.



- а) данное вещество связывается и ингибирует фермент гуанилатциклазу, что приводит к нарушению клеточных путей сигналинга
- б) данное вещество встраивается в молекулу ДНК, что приводит к возникновению двуцепочечных разрывов в ДНК и гибели клеток
- в) данное вещество связывается и ингибирует фермент дигидрофолатредуктазу, что приводит к нарушению синтеза нуклеотидов
- г) данное вещество нарушает рост микротрубочек

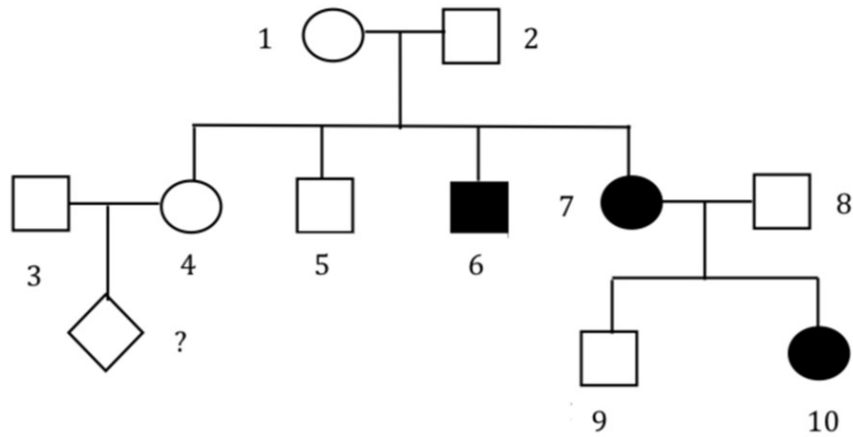
II часть

Вам предлагаются задания с множественным выбором ответа.

5 баллов

Задание 2.1

Перед Вами изображено семейное дерево, на котором чёрным цветом закрашены члены семьи, поражённые заболеванием X. С учётом того, что в популяции частота данного заболевания равна 4%, выберите верные утверждения:



- а) Судя по всему, заболевание X - X-сцепленное заболевание, проявляющееся только в рецессивных гомозиготах.
- б) Вероятность того, что особь 4 - носитель заболевания, больше 60%;
- в) Вероятность того, что особь 3 гетерозиготна по данному гену, не меньше, чем $\frac{1}{3}$;
- г) Если убивать всех больных особей, то удастся искоренить больной аллель из популяции;
- д) Если принять, что особь 3 - гетерозигота, то вероятность рождения больной девочки составит около 4%.

№ 2

5 баллов

Задание 2.2

При скрещивании двух чистых линий растений с белыми цветками во втором поколении часть растений имеют цветки с окраской дикого типа. Других фенотипов, кроме окраски дикого типа и белой у гибридов первого и второго поколения, не наблюдается. Известно, что признак контролируется двумя взаимодействующими генами. Какие расщепления могли наблюдаться во втором поколении таких скрещиваний?

а) 3:1

б) 9:7

в) 1:1

г) 13:3

д) 15:1

№ 3

5 баллов

Задание 2.3

К чему может привести точечная замена в кодирующей последовательности белок-кодирующего гена?

а) К отсутствию белка в клетке

б) К удлинению белка

в) К укорочению белка

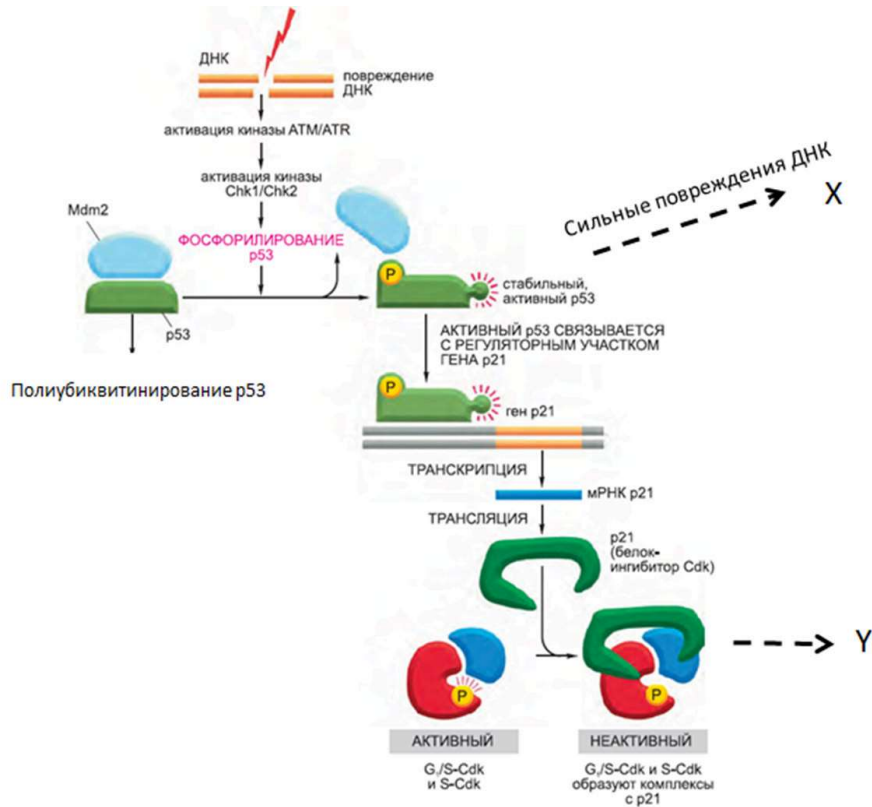
г) К замене аминокислоты в последовательности белка

д) К сохранению белка в полностью неизменном виде

5 баллов

Задание 2.4

На схеме показан механизм ответа клеток человека на повреждения ДНК. Cdk – циклин-зависимые киназы – белки, стимулирующие продвижение клетки по клеточному циклу. Выберите верные утверждения, основываясь на приведенной схеме и ваших знаниях клеточной биологии.

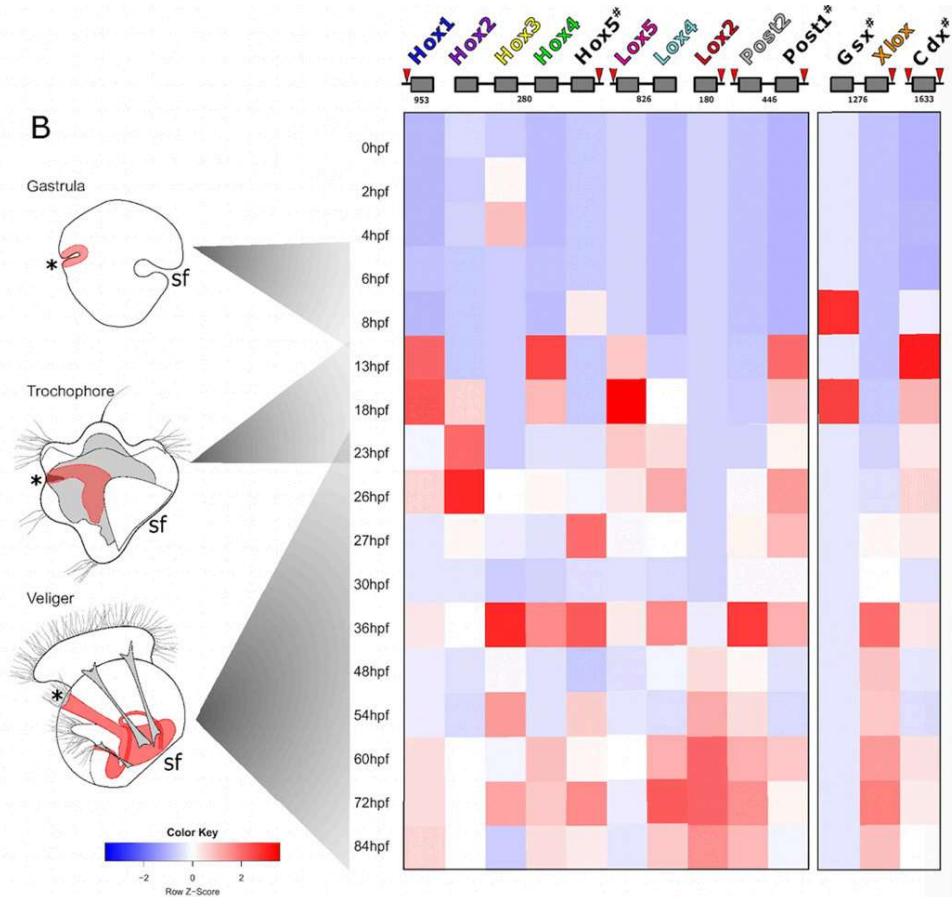


- а) p53 – это транскрипционный фактор;
- б) Событие X, запускаемое при сильных повреждениях ДНК – это апоптоз;
- в) Событие Y – это остановка клеточного цикла;
- г) В отсутствие повреждений ДНК белок Mdm2 направляет белок p53 на деградацию;
- д) мутации в киназе АТМ, инактивирующие ее функции, увеличивают риск развития опухолевых заболеваний.

5 баллов

Задание 2.5

Для *hox*-генов модельного беспозвоночного животного *Drosophila melanogaster* был показан уникальный паттерн коллинеарности в экспрессии генов. Оказалось, что в процессе развития гены экспрессируются согласно их положению в *hox*-кассете в геноме. В недавней статье удалось проанализировать экспрессию *hox*-касеты у двустворчатого моллюска *Dreissena rostriformis*. Результаты представлены в виде теплограммы (по шкале x гены в том же порядке, в котором они расположены в *hox* кассете в геноме, по шкале y время в процессе развития моллюска, когда оценивалась экспрессия, цветом обозначается интенсивность экспрессии). Какое из утверждений можно считать верным?



- а) *hox*-гены начинают интенсивно работать на стадии гастрюлы;
- б) если работа *hox*-гена индуцировалась, то он не деактивируется до метаморфоза моллюска;
- в) работа *hox*-генов, по-видимому, индуцируется другими транскрипционными факторами, которые начинают работать спустя 8-12 часов после оплодотворения (hpf);
- г) возможно опровергнуть гипотезу о коллинеарности экспрессии генов по имеющимся данным.

- д) работа генов *hox* подчиняется закономерности положительной обратной связи.

III часть











Вам предлагаются задания с развернутым ответом.

8 баллов

Задание 3.1

Селекционер вывел два новых сорта болгарского перца. На протяжении нескольких лет он обеспечивал условия для самоопыления растений, что привело к фиксации стабильных характеристик растений от поколения к поколению в рамках каждого сорта. Селекционер решил получить гибрид этих двух сортов для исследования: были выбраны следующие признаки, которые наследуются по механизму полного доминирования: Н — высокое растение, г — плоды красного цвета, f — вытянутая форма плода, D — устойчивость к засухе. Пыльца диплоидного высокого засухоустойчивого растения, от которого получили плоды желтого цвета вытянутой формы, была перенесена на пестик тетраплоидного низкого незасухоустойчивого растения, на котором выросли красные плоды приплюснутой формы.

Сопоставьте предложенные формулы генотипов материнскому и отцовскому организмам, а также организму зародыша, эндосперма и околоплодника.

Отцовский организм			hhhhrrrrFFFFdddd
Материнский организм			HhhhRrrrrFFFFfDddd
Зародыш			HHRRffDD
Эндосперм			HhhRrrFFfDddd
Околоплодник			

В соматической клетке отцовского организма 24 хромосомы. Определите количество молекул ДНК в постсинтетическом периоде интерфазы в клетке материнского организма.

96

Рассчитайте количество центромер в клетке материнского организма в анафазе мейоза I.

48

Укажите количество теломер в клетке материнского организма в анафазе мейоза II.

96

4 балла

Задание 3.2

Исследователь инопланетных цивилизаций изучал популяцию лягушкоподобных организмов с планеты Инииру. Для этого он привез из командировки 2 чистые линии опытных организмов. Одна линия имела глаза изумрудного цвета и пятнистую окраску брюшка, вторая линия имела рубиновые глаза и полосатое брюшко. Скрестив 2 линии, в поколении F1 исследователь получил молодое поколение с изумрудными глазами и пятнистым брюшком. В F2 расщепление по генотипам было следующее:

56/128 – изумрудные глаза, пятнистое брюшко 22/128 голубые глаза, пятнистое брюшко 18/128 изумрудные глаза, полосатое брюшко 16/128 рубиновые глаза, пятнистое брюшко 10/128 голубые глаза, полосатое брюшко 6/128 рубиновые глаза, полосатое брюшко

Число степеней свободы	Уровень значимости α					
	0,01	0,05	0,1	0,90	0,95	0,99
1	6,6	3,8	2,71	0,02	0,004	0,0002
2	9,2	6,0	4,61	0,21	0,1	0,02
3	11,3	7,8	6,25	0,58	0,35	0,12
4	13,3	9,5	7,78	1,06	0,71	0,30
5	15,1	11,1	9,24	1,61	1,15	0,55
6	16,8	12,6	10,6	2,20	1,64	0,87
7	18,5	14,1	12,0	2,83	2,17	1,24
8	20,1	15,5	13,4	3,49	2,73	1,65
9	21,7	16,9	14,7	4,17	3,33	2,09
10	23,2	18,3	16,0	4,87	3,94	2,56
11	24,7	19,7	17,3	5,58	4,57	3,05
12	26,2	21,0	18,5	6,30	5,23	3,57
13	27,7	22,4	19,8	7,04	5,89	4,11
14	29,1	23,7	21,1	7,79	6,57	4,66
15	30,6	25,0	22,3	8,5	7,26	5,23
16	32,0	26,3	23,5	9,31	7,98	5,81
17	33,4	27,6	24,8	10,1	8,67	6,41
18	34,8	28,9	26,0	10,9	9,39	7,01
19	36,2	30,1	27,2	11,7	10,1	7,63
20	37,6	31,4	28,4	12,4	10,9	8,26
21	38,9	32,7	29,6	13,2	11,6	8,90
22	40,3	33,9	30,6	14,0	12,63	9,54
23	41,6	35,2	32,0	14,8	13,1	10,2
24	43,0	36,4	33,2	15,7	13,8	10,9
25	44,3	37,7	34,4	16,5	14,6	11,5
26	45,6	38,9	35,6	17,3	15,4	12,2
27	47,0	40,1	36,7	18,1	16,2	12,9
28	48,3	41,3	37,9	18,9	16,9	13,6
29	49,6	42,6	39,1	19,8	17,7	14,3
30	50,9	43,8	40,3	20,6	18,5	15,0

Какое количество генов контролирует окраску глаз?

2

Подтвердите свой ответ на 1 пункт значением хи-квадрата (с точностью до сотых на уровне значимости 0.05).

0.22

Какое количество генов контролирует окраску брюшка?

1

Подтвердите свой ответ на 3 пункт значением (с точностью до сотых).

№ 3

10 баллов

Задание 3.3

Рестриктазы второго типа — одни из самых часто используемых в генной инженерии типов рестриктаз. Они формируют гомодимеры и способны без участия фермента метилтрансферазы разрезать ДНК. В таблице 1 показаны некоторые примеры эндонуклеаз рестрикции и их сайты узнавания.

Название фермента	Сайт узнавания
EcoRI	5'-G AATTC-3' 3'-CTTAA G-5'
SmaI	5'-CCC GGG-3' 3'-GGG CCC-5'
BamHI	5'-G GATCC-3' 3'-CCTAG G-5'
XhoII	5'-R GATCY-3' 3'-YCTAG R-5'
Sau3AI	5'- GATC-3' 3'-CTAG -5'

Для каждого фермента рестрикции укажите тип концов, которые образуются при проведении рестрикции (липкие/тупые).

Представим себе, что вы выделили геномную ДНК кишечной палочки (длина генома составляет $4.6 \cdot 10^6$ нуклеотидов) и обработали её рестриктазами EcoRI и Sau3AI. Определите среднюю длину фрагмента, получающуюся при обработке EcoRI. При расчетах считайте, что нуклеотиды встречаются с равной частотой.

4096

Представим себе, что вы выделили геномную ДНК кишечной палочки (длина генома составляет $4.6 \cdot 10^6$ нуклеотидов) и обработали её рестриктазами EcoRI и Sau3AI. Определите среднюю длину фрагмента, получающуюся при обработке Sau3AI. При расчетах считайте, что нуклеотиды встречаются с равной частотой.

256

Представим себе, что вы выделили геномную ДНК кишечной палочки (длина генома составляет $4.6 \cdot 10^6$ нуклеотидов) и обработали её рестриктазами EcoRI и Sau3AI. Определите количество фрагментов, которые можно будет получить при обработке EcoRI. При расчетах считайте, что нуклеотиды встречаются с равной частотой.

1133

Представим себе, что вы выделили геномную ДНК кишечной палочки (длина генома составляет $4.6 \cdot 10^6$ нуклеотидов) и обработали её рестриктазами EcoRI и Sau3AI. Определите количество фрагментов, которые можно будет получить при обработке Sau3AI. При расчетах считайте, что нуклеотиды встречаются с равной частотой.

18131

Найдите длину случайной нуклеотидной последовательности, которая в среднем встречается в геноме кишечной палочки (*E.coli*) 1 раз (округлите до целых).

11

№ 4

2 балла

Задание 3.4

Для соблюдения закона Харди–Вайнберга организмы не обязательно должны быть диплоидными. В равновесной популяции тетраплоидных организмов частота рецессивного аллеля *a* составляет 55%, доминирование по гену *A* полное.

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

91

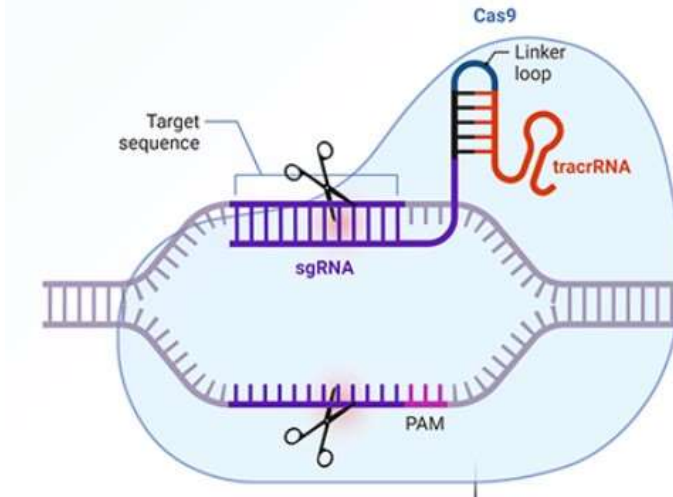
Какая доля потомков от скрещивания двух тетраплоидов *Aaaa* x *AAaa* будет иметь рецессивный фенотип? При решении используйте модель хромосомного расхождения аллелей в мейозе. Ответ запишите в процентах, округлив до целых.

8

2 балла

Задание 3.5

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):

TGAGAGCCTGCTGATAGATGTCTCCGTCG|TAGAGTAACGTCGCTGCTAG

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

GCAGCGACGUUACUCUACGA

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