МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Факультет физико–математических и естественных наук

Кафедра «Общая биология и биохимия»

Направление подготовки 44.04.01 Педагогическое образование

Магистерская программа Биологическое образование

Форма обучения заочная

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

на тему:

«РАЗРАБОТКА ТРЕНИРОВОЧНЫХ ЗАДАНИЙ ПО ТЕМАМ РАЗДЕЛА «КЛАССИЧЕСКАЯ ГЕНЕТИКА» ШКОЛЬНОГО КУРСА БИОЛОГИИ»

Студент _____ Карабаева Юлия Вячеславовна

Руководитель _____ Мокшина О.А.

Нормоконтролер _____ Клыченков С.В.

Рецензент _____ Кадушкина Л.А.

Работа допущена к защите (протокол заседания кафедры от 23.01.24 № 8)

Заведующий кафедрой _____ Карпова Г.А.

Работа защищена с отметкой отлично

(протокол заседания ГЭК от 21.02.24 № 4)

Секретарь ГЭК _____ Клыченков С.В.

Пенза, 2024

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 3
ГЛАВА 1. СОВРЕМЕННЫЙ ФГОС И ЕГО ТРЕБОВАНИЯ В 6
ГЕНЕТИКЕ 6
1.1 Теоретические основы генетики в школьном курсе биологии 6
1.2 Третье поколение ФГОС по биологии для 10-11 классов образовательных организаций 10
1.3 Виды генетических задач в школе 15
1.4 Виды генетических задач в ЕГЭ 25
ГЛАВА 2. РАЗРАБОТКА И ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЛЕКТА ТРЕНИРОВОЧНЫХ ЗАДАНИЙ ПО ТЕМАМ РАЗДЕЛА «КЛАССИЧЕСКАЯ ГЕНЕТИКА» ШКОЛЬНОГО КУРСА БИОЛОГИИ 29
2.1 Алгоритм разработки комплекта тренировочных заданий по темам раздела «Классическая генетика» школьного курса биологии 29
2.2 Экспериментальная апробация комплекта тренировочных заданий по темам раздела «Классическая генетика» для школьников 34
ЗАКЛЮЧЕНИЕ 55
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ 57
ПРИЛОЖЕНИЕ 62

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследования. В рамках школьного образования изучаются различные естественнонаучные дисциплины, в том числе «биология». Этот предмет помогает обучающимся сформировать общее представление о живой природе, уметь решать жизненные задачи, использовать теоретические знания в повседневной жизни. Без биологии невозможно воспитать гражданина, который будет заботиться о своем здоровье и безопасности окружающей среды.

В школе такой предмет как «Биология» изучается на протяжении нескольких лет. В 10 классе несколько уроков выделяется разделу «Генетика», а также минимум два задания единого государственного экзамена (ЕГЭ) посвящены генетическим задачам. Эта тема надолго остается в памяти у школьников, т.к. задачи по генетике часто связаны с жизненными ситуациями. С помощью раздела «Генетика» обучающиеся познают себя и свою семью и могут предположить, какими были их предки и какими будут потомки.

Генетика как наука стала устанавливаться с вместе с появлением молекулярной биологии после 50-х годов прошлого столетия. Именно в этот период начали внедрять теоретические разработки в промышленность. В последние годы увеличилось количество методических подходов, накопилось множество фактов и представлений о генетической организации клетки и организмов [1]. Генетика напрямую связана со всеми разделами биологии, которые изучаются в школе – с ботаникой, зоологией, анатомией и физиологией человека и т.д.

В современной системе школьного образования есть проблемы в изучении генетики. Это связано с тем, что нет определенного места генетики в дисциплине «Биология», также не существует единого содержания, методики и приемов в обучении. К тому же наглядных материалов по генетике, позволяющих в полной мере оценить глубину науки, недостаточно [4]. Например,

в школьных учебниках хромосомная и генная теория генетики упоминаются поверхностно.

В школьном курсе генетики есть значительный недостаток, с которым сталкиваются выпускники – несоответствие рабочей программы 9-11 классов с заданиями единого государственного экзамена (ЕГЭ). В учебниках обучающиеся могут сталкиваются с устаревшей информацией, при этом на экзамене используются знания из современной молекулярной биологии, генной и клеточной инженерии и т.д. Судя по тому, что каждый год самый низкий средний балл – это балл по биологии, рабочая программа предмета «Биология» нуждается в значительной модернизации [11]. Из анализа результатов ЕГЭ можно сделать вывод, что многие выпускники школ не способны выявлять последовательности проявления рецессивных признаков у потомков и определять генотипы и фенотипы родителей и их потомков.

В генетике важнейшее место занимает решение задач. Часто учителя биологии сначала обучают школьников теоретическим основам дисциплины, а только после этого изучают задач. Но решение задач – это не цель изучения генетики, а средство понимания генетики. Задачи приближают генетику к жизненным ситуациям и позволяют лучше понять учебный материал [6].

Чтобы школьники понимали генетику в полной мере, необходимо модернизировать рабочие программы, учебники и сборники. Важнейшее место в школьном курсе и ЕГЭ по биологии занимают генетические задачи, поэтому нужно разрабатывать новейшие сборники заданий по генетике. Также разработку сборника задач по генетике можно связать со следующими причинами:

1. введение третьего поколения ФГОС в 2022 году [3],
2. современные достижения биологических наук [20],
3. усложнение заданий ЕГЭ по биологии [19].

Сборник должен включать в себя задачи школьного уровня и современные задания из вариантов ЕГЭ. Задачи должны вызывать интерес у обу-

чающихся. К тому же задачи позволяют выстроить четкую связь между теоретическим и практическим материалом.

Цели и задачи исследования. Цель работы: разработать комплект тренировочных заданий по темам раздела «Классическая генетика» школьного курса биологии.

В соответствии с целью были поставлены следующие задачи:

1. ознакомиться с требованиями ФГОС к изучению генетики в школьном курсе,
2. ознакомиться с требованиями к генетическим задачам на едином государственном экзамене (ЕГЭ) по биологии,
3. исследовать типы генетических задач и способы их решения,
4. разработать тренировочные задания по темам раздела «Классическая генетика».

ГЛАВА 1. СОВРЕМЕННЫЙ ФГОС И ЕГО ТРЕБОВАНИЯ В ГЕНЕТИКЕ

1.1 Теоретические основы генетики в школьном курсе биологии

Биология постоянно развивается и каждый день мир наполняется новыми знаниями, поэтому количество часов, уделяемых на данную дисциплину, становится недостаточно. На данный момент перед общеобразовательными школами стоит проблема в выборе учебного материала и улучшении форм и методов обучения. Одна из важнейших задач школы – обучить детей самостоятельно находить информацию [7].

Генетика – один из важнейших разделов биологии. Разнообразие жизненных форм дарит науке огромное количество нового материала. Генетика – это комплекс наук о передаче признаков потомкам и изменении признаков под влиянием различных факторов [8].

В школьном курсе изучают три этапа развития генетики. Первый период начинается открытием науки Грегором Менделем и обоснованием законов наследственности. Второй этап связан с глубоким изучением клетки. Для третьего периода характерно развитие молекулярной биологии, поэтому на данный момент науке известны гены бактерий и вирусов. Современным школьникам гораздо сложнее выстроить системные знания из-за высоких требований к подготовке [23].

По мнению некоторых исследователей (Николая Михайловича Верзилина, Евгении Павловны Бруновт, Ивана Дмитриевича Зверева и др.), первостепенно у обучающихся необходимо плавно формировать и развивать понятия. Понятие – это не только отражение материального объекта, но и средство мысленного воспроизведения. Чтобы сформировать понятие, учителю и обучающимся необходимо осознавать внутреннюю связь содержания понятия и способа его конструирования [11].

Если у школьников будет четкое представление о понятиях, то на этой основе уже можно формировать законы и теории. Данный подход популярен в методиках преподавания биологии и используется в теории развития биологических понятий. Эта методика активно применяется для полноценного освоения обучающимися содержания учебного материала [5].

Положения теории развития биологических понятий включают в себя несколько пунктов.

1. Во всех разделах учебного предмета «Биология» должны изучаться понятия, лежащие в основе общественных отраслей данной естественнонаучной дисциплины. К этим понятиям относятся морфологические, анатомические, физиологические, экологические, генетические, систематические, агрономические, гигиенические [15].
2. С помощью биологических понятий у обучающихся запускаются мыслительные процессы. С их помощью они учатся анализировать, сравнивать и классифицировать научную информацию. Таким образом, у школьников формируется научная картина мира и укрепляются понятия о ведении здорового образа жизни [24].
3. Обучающимся нельзя давать биологические понятия, они должны их сформировать самостоятельно в процессе обучения [6].

Биологические знания передаются школьникам с помощью организованного и целенаправленного обучения. В них должна присутствовать система. Все биологические понятия должны быть связаны между собой в определенной логической структуре и последовательности [11].

В учебной программе дисциплины «Биология» в разделе «Генетика» изучается ряд понятий:

1. генетика – наука о закономерностях наследственности и изменчивости живых организмов,
2. ген – единица функционирования наследственного материала, в которой закодирован признак или свойство организма,
3. генотип – комплекс генов,

4. фенотип – комплекс внешних и внутренних признаков организма,
5. изменчивость – совокупность различий между организмами по какому-либо признаку,
6. наследственность – свойство родителей передавать свои признаки потомкам,
7. альтернативные признаки – контрастные признаки,
8. хромосомы – элементы ядра клетки, которые включают в себя линейно расположенные гены,
9. локус – участок хромосомы, в котором расположен ген,
10. доминантный признак – признак, который проявляет себя у гетерозиготных особей,
11. рецессивный признак – подавляемый признак,
12. гетерозиготный организм – организм, у которого два разных аллеля одного гена,
13. гомозиготный организм – организм, у которого два одинаковых аллеля одного гена,
14. кариотип – комплект хромосом клетки одного вида [8].

Биологические понятия стали основой для исследования проблем методики изучения биологии. С помощью данного исследования продолжают совершенствовать методы изучения естественнонаучных дисциплин и повышают генетическую грамотность среди школьников.

Ученые выделяют два уровня познания биологических понятий (первый – практический, второй – теоретический). Первый уровень основан на наблюдениях и экспериментах, а второй связан с обоснованием понятийного аппарата науки и связей между различными объектами реальности [32].

С развитием биологических понятий тесно связана психология. Василий Васильевич Давыдов отметил две формы теоретического мышления. Первая форма заключается в осознании материала и обосновании абстракции, в которой заключена сущность необходимого процесса, а вторая форма олицетворяет переход к конкретным понятиям [14].

Например, в основе науки генетики лежит понятие «ген». В современном мире под этим словом понимают структурную единицу, которая отвечает за передачу признаков от родителей потомкам. Это понятие впервые прозвучало в работах Вильгельма Людвига Иогансена. Он считал, что это понятие как экспериментальное обобщение, так и исходная абстракция [2].

Согласно исследованиям В. В. Давыдова, чтобы перейти с абстрактного на конкретное необходимо два аспекта – содержательное абстрагирование и содержательное обобщение. Между этими двумя аспектами необходимо найти взаимосвязь и сформировать понятие. Таким образом, само понятие выражается в абстракции и обобщении (В. В. Давыдов) [11].

При формировании понятия генетики в школьном курсе опираются на эмпирические основы. Принципы методологии развития заключаются в нескольких этапах:

1) восприятие,
2) представление,
3) понятие.

Генетика находит отражение во многих практических аспектах. Но у многих школьников понятие генетики может оставаться только на эмпирическом уровне, не переходя на теоретический. Отсутствие иерархии между понятиями приводит к разрушению системы знаний [3].

Проблема развития понятий подробно рассматривалась в психологии и педагогике. Например, Лев Семенович Выготский выделил четыре этапа развития понятий. Первый уровень включает в себя обозначение понятия в виде термина, второй этап основан на переносе понятия на какой-либо объект. Третий этап связан с появлением четкой ассоциации понятия, а четвертый – со свободным использованием понятия [11].

Образование понятия начинается в тот момент, когда школьник запоминает суть термина, а не название. Только в этом случае обучающийся может использовать термин в рассуждениях. В обратном случае, понимание школьника остается на эмпирическом уровне [21]. Огромное значение для

развития понятий имеет не память и внимание, а то, как школьник ими пользуется. Чтобы сформировать понятие, необходимо опираться на логическую память и произвольное внимание. Таким образом, в сознании обучающегося появляется новая структура [32].

Итак, эмпирические понятия отличаются от теоретических тем, что в них отсутствуют иерархические связи. Если у обучающего сформированы только эмпирические понятия, то он не может свободно пользоваться ими и появляется констатирующий характер суждений. Научно-теоретические понятия тесно связаны с абстрагированием. С их помощью обучающиеся учатся рассматривать отдельные элементы понятия вне конкретики.

1.2 Третье поколение ФГОС по биологии для 10-11 классов образовательных организаций

Министерство просвещения Российской Федерации разработало федеральные государственные образовательные стандарты (ФГОС). Данные правила обязаны соблюдать все учебные заведения на территории нашей страны. Наука идет вперед и ежедневно человечество получает новые знания, поэтому ФГОС постоянно обновляется и идет в ногу со временем.

Всего существует три поколения федеральных государственных образовательных стандартов. Первое поколение ФГОС было утверждено в 2004 году и было основано на выработке умений обучающихся. Недостаток данного стандарта был в том, что его текст был слишком обобщенным [37, 38]. Через пять лет в 2009 году ввели ФГОС второго поколения для начального общего образования (1-4 классов), в 2010 году – для основного общего образования (5-9 классов), в 2012 году – для среднего общего образования (10-11 классов). Данный стандарт отличается тем, что он полностью направлен на развитие универсальных учебных умений [39, 40]. В 2022 году был введено третье поколение стандартов, на котором и основано современное образование [41, 42].

В новом ФГОС раскрыли и четко сформулировали каждое требование. Например, ввели понятие «функциональная грамотность». Данный термин определяется как «способность решать учебные задачи и жизненные ситуации на основе сформированных предметных, метапредметных и универсальных способов деятельности». В данном поколении ФГОС связали воедино воспитание и обучение.

Генетика, согласно современным программам, изучается в 10-11 классах образовательных организаций. В данных классах можно изучать биологию на базовом и углубленном уровне.

Дисциплина «Биология» направлена на формирование у обучающихся научной картины мира, расширение и обобщение знания о живой природе. Биологические знания создает условия познания законов живой природы, функциональной грамотности, ЗОЖ, экологического мышления. В базовом уровне на изучение дисциплины «Биология» в 10-11 классах отведено 68 часов [43], а в углубленном – 204 часа [44].

Согласно ФГОС СОО обучающиеся должны достигнуть следующих результатов.

1. Личностные результаты. В данную группу входят осознание российского гражданской идентичности, наличие мотивации к обучению, наличие экологического правосознания, способность ставить цели и др.

Личностные результаты основаны на традиционных российских ценностях, принятых в обществе правилами и нормами поведения. Они способствуют самопознанию, самовоспитанию и саморазвитию. Личностные результаты направлены на развитие патриотизма, уважение к закону, правопорядок, труд, взаимоуважение, бережное отношение к наследию Российской Федерации.

2. Метапредметные результаты. В эту группу входят метапредметные связи, отражение целостности мира, универсальные учебные действия (УУД) и др. Метапредметные результаты включают в себя базовые логические действия, базовые исследовательские действия, действия по работе с

информацией, общение, совместная деятельность, самоорганизация, самоконтроль, принятие себя и других.

3. Предметные результаты. В эту группу входят научные знания, умения, освоение знаний [43].

Генетика изучается в 10 классе. На базовом уровне на тему «Наследственность и изменчивость организмов» выделяется 8 часов [4]. На углубленном уровне на тему: «Генетика – наука о наследственности и изменчивости организмов» отведено 2 часа, на «Закономерности наследственности» – 10 часов [44].

Фрагмент примерной рабочей программы (10 класс, базовый уровень) по генетике представлен в таблице 1 [43].

Таблица 1 – Фрагмент тематического планирования по биологии (10 класс, углубленный уровень)

Темы уроков и количество часов	Основное содержание	Планируемые виды учебной деятельности обучающихся
Тема 11. Генетика – наука о наследственности и изменчивости организмов (2 ч)		
48. Становление и развитие генетики в биологии (1 ч)	История становления и развития генетики. Вклад иностранных исследователей Грегора Менделя, Хуго де Фриза, Томаса Ханта Моргана в развитие науки. Вклад отечественных исследователей Николая Константиновича Кольцова, Николая Ивановича Вавилова, Андрея Николаевича Белозерского, Юрия Александровича Филипченко, Николая Владимировича Тимофеева-Ресовского в генетику. **Демонстрации**: портреты ученых.	Определение следующих понятий – генетика, ген. Закрепление знаний об истории зарождения, становления и развития генетики (данная тема изучалась в 9 классе). Характеристика периодов развитие генетики как науки.
49. Основные понятия и символы генетики (1 ч)	Основные генетические понятия и символы. Понятия: гомологичные хромосомы, аллельные гены, альтернативные признаки, доминантные и рецессивные признаки, гомо- и гетерозиготные организмы, чистая линия, гибриды,	Определение следующих понятий и терминов – наследственность, наследование, изменчивость, фенотип и генотип, геном, локус, хромосомы, аллели,

Таблица 1 – Продолжение

Темы уроков и количество часов	Основное содержание	Планируемые виды учебной деятельности обучающихся
	фенотип и генотип. Генетические методы: гибридологический, цитологический и молекулярно-генетический методы. **Демонстрации**: таблицы «Методы генетики» и «Скрещивания». **Лабораторные работы**: лабораторная работа «Дрозофилы в генетических работах».	альтернативные признаки, гомо- и гетерозигота, доминантные и рецессивные признаки, чистая линия, гибриды. Использование терминов и символов для решения генетических задач.
Тема 12. Закономерности наследственности (10 ч)		
50. Закономерности наследования признаков. Моногибридное скрещивание (2 ч)	Моногибридное скрещивание. Первый закон Менделя – закон единообразия гидридов первого поколения. Второй закон Менделя – закон расщепления признаков. Цитология в основе моногибридного скрещивания. Чистота гамет. **Демонстрации**: портрет Грегора Менделя, схемы «Первый закон Менделя – закон единообразия гибридов первого поколения» и «Второй закон Менделя – закон расщепления признаков», микроскоп, микропрепарат «Дрозофила». **Практические работы**: практическая работа «Изучение результатов моногибридного скрещивания у дрозофилы».	Определение следующих понятий и терминов – моногибридное скрещивание, чистота гамет, доминирование, расщепление признаков. Описание опытов Грегора Менделя по одному признаку. Знание первых двух законов Грегора Менделя и обоснование их клеточных основ. Составление схем моногибридного скрещивания и умение решать генетических задачи по первым двум законом Менделя.
51. Анализирующее скрещивание. Неполное доминирование (1 ч)	Анализирующее скрещивание. Промежуточный характер наследования. Неполное доминирование. **Демонстрации**: таблицы и схемы «Анализирующее скрещивание» и «Неполное доминирование».	Определение следующих понятий и терминов – анализирующее скрещивание, неполное доминирование, кодоминирование. Умение составлять схемы анализирующего скрещивания и решать генетические задачи
52. Дигибридное скрещивание (2 ч)	Дигибридное скрещивание. Третий закон Менделя – закон независимого наследования признаков. Клеточные обоснования дигибридного скрещивания. **Демонстрации**: портрет Грегора Менделя, схема «Третий закон Менделя – закон независимого	Определение следующих понятий и терминов – дигибридное скрещивание. Описание опытов Грегора Менделя по нескольким признакам. Знание третьего закона

Таблица 1 – Продолжение

Темы уроков и количество часов	Основное содержание	Планируемые виды учебной деятельности обучающихся
	наследования признаков», микроскоп, микропрепарат «Дрозофила». **Практическая работа**: практическая работа «Дрозофила в дигибридном скрещивании».	Менделя и обоснование его клеточных основ. Составление схем дигибридного скрещивания и решение генетических задач.
53. Сцепленное наследование признаков. Хромосомная теория наследственности (2 ч)	Сцепленное наследование признаков. Исследования Томаса Моргана. Нарушение сцепления между генами. Хромосомная теория наследования. **Демонстрации**: портрет Томаса Моргана, схема «Сцепленное наследование признаков».	Определение следующих понятий и терминов – сцепленное наследование признаков, нарушение сцепления генов, кроссинговер, рекомбинация генов, генетические карты, морганида. Знание закона Томаса Моргана – закона сцепленного наследования признаков и обоснование его клеточных основ. Знание основных положений хромосомной теории наследственности. Составление схем сцепленного наследования признаков (и его нарушение) и решение генетических задач.
54. Генетика пола (1 ч)	Генетика пола. Определение пола с помощью хромосом. Аутосомы и половые хромосомы. Гомо- и гетерогаметный пол. Набор генов в половых хромосомах. Наследование признаков, сцепленных с полом. **Демонстрации**: схемы «Генетика пола», «Кариотип человека», «Кариотип дрозофилы»	Определение следующих понятий и терминов – аутосомы, половые хросомомы, гомо- и гетерогаметный пол.

Таким образом, в конце изучения курса генетики обучающиеся должны знать и понимать законы Г. Менделя, закономерности изменчивости, строение клетки, генов и хромосом, термины и символы, которые используются в генетических задачах. Также они должны уметь объяснять

роль биологии в современном мире, вклад теорий в понимание естественнонаучной картины мира, причины появления наследственных заболеваний и мутаций. Обучающиеся должны уметь решать генетические задачи и составлять простые схемы скрещивания и находить необходимую информацию о биологических объектах в разных научных источниках.

1.3 Виды генетических задач в школе

По мнению исследователя Ф. Айлы, «генетика – сердцевина биологии». Только с помощью этой науки можно раскрыть смысл различных явлений [1, 15]. Один из обязательных этапов изучения генетики – решение задач. Направления использования генетических задач строятся на следующих аспектах:

- понимание сущности генетических явлений,
- умение определять закономерности наследования признаков,
- умение иллюстрировать генетические явления на примере биологических объектов,
- знание методов биологических исследований.

Влияние генетических задач на общее понимание биологии невозможно переоценить. Многие учебные пособия содержат различные задания [15]. В качестве закрепление темы генетики, как правило, используется решение однотипных задач. Но здесь пристальное внимание хотелось бы уделять не самим задачам, а способам их решения. Освоение методики позволит быстрее и качественнее выполнять работу [16].

Классификация задач позволяет систематизировать знания и упрощает процесс решения задания. Именно поэтому во многих пособиях задачи находятся в разных главах. Перед решением задач стоит ознакомиться с генетической символикой, а также усвоить генетическую терминологию. Чтобы перейти от решения классических задач к заданиям повышенного уровня сложности, необходимо ознакомиться с подготовительным уровнем (табл. 2) [18].

Таблица 2 – Задания подготовительного этапа

Содержание задания	Возможные варианты ответа	Цель
Ген и признак		
Признаки	Цвет глаз, размеры животных, окраска лепестков	Формирование определения «признак организма»
Аллели	Окраска семян гороха, шерсти кролика, цвет глаз	Формирование определения «альтернативное проявление признака»
Аллельные гены. Гомозиготы и гетерозиготы		
Обозначения аллельных генов А и а (с помощью буквенного обозначения и рисунков)		Исключить возможность механического манипулирования обозначениями при выполнении заданий Формирование определений «аллельные гены», «гомозигота», «гетерозигота»
Типы гамет	АА, Аа, аа	Формирование определений «доминантная гомозигота», «рецессивная гомозигота», «гетерозигота»
Изображение генотипа буквенными обозначениями	АА – доминантная гомозигота Сс – гетерозигота dd – рецессивная гомозигота	Основание терминов и символов генетики
Генотип и фенотип		
Выбрать примеры фенотипов и генотипов	Фенотипы: красная окраска плодов, длинная шерсть Генотипы: АА, гетерозигота	Формирование определений «генотип» и «фенотип» Использование буквенных и словесных обозначений генотипа и фенотипа
Желтая окраска – доминантный признак, зеленая – рецессивный. Какой генотип может у растений с желтыми семенами?	Генотипы – АА и Аа В фенотипе проявляется доминантный признак (желтая окраска)	Отработка буквенной и словесной символики

Обучающиеся сталкиваются с разными видами генетических задач.

1. Моногибридное скрещивание

При выполнении заданий на моногибридное скрещивание у обучающихся закладываются основы анализа условий задачи, вырабатываются алгоритмы решения задач и навыки оформления задач. Если у школьников получается решать подобные задачи, то задания последующих тем будут также легко усваиваться. Во всех задачах на моногибридное скрещивание идет речь

о наследовании одного признака. В данных заданиях обучающиеся отрабатывают знания о первом и втором законе Менделя.

К признакам задач на определение генотипа и фенотипа потомков и на I и II закон Менделя относится то, что:

- даны доминантные и рецессивные признаки,
- даны фенотипы и генотипы родителей,
- необходимо определить фенотипы и генотипы потомков.

Пример задачи №1. Полидактилия – доминантный признак. От брака гомозиготного шестипалого мужчины и женщины без этого признака родился шестипалый мальчик. Какие генотипы у всех членов семьи? Могут ли в этом браке родиться здоровые дети?

Дано:	Решение:
А – полидактилия а – норма ♀ - аа ♂ - АА	P: ♀ аа (норма) x ♂ АА (полидактилия) G: а А F_1: Аа – полидактилия.
	Ответ: генотипы родителей – ♀ - аа и ♂ - АА, генотип потомков – Аа. Здоровые дети не могут родиться.

Задачи на определение характера расщепления и вероятности появления потомков с определенным фенотипом можно определить по следующим признакам:

- указание доминантных и рецессивных признаков,
- даны генотипы и фенотипы родителей,
- необходимо определить генотипы потомков,
- необходимо установить вероятность появления потомком с определенным фенотипом [16].

Пример задачи №2. Шизофрения – рецессивный признак. Определить вероятность рождения больного ребенка от здоровых родителей, если известно, что бабушка со стороны отца и дедушка со стороны матери страдали от данного заболевания [33].

Дано:	Решение:
А – нормальный при-	P: ♀ Аа x ♂ Аа

знак а – шизофрения	нормальный признак нормальный признак G: A A a a F_1: AA – нормальный признак, Aa – нормальный признак, Aa – нормальный признак, aa – шизофрения. Ответ: В данном браке может родиться ребенок с шизофренией с вероятностью 25%.

Задачи с количественными данными можно определить по следующим признакам:

- указание доминантных и рецессивных признаков,
- даны фенотипы и генотипы родителей,
- указание числа потомков с определенным признаком,
- определение характера расщепления.

Пример задачи №3. Желтая окраска корнеплода – доминантный признак, а красная – рецессивный. Гомозиготный организм с желтыми корнеплодами был скрещен с растением с красными корнеплодами. В первом поколении было получено 256 растений, а во втором – 1600. Сколько гетерозигот может быть в первом поколении? Какое количество генотипов образуется во втором поколении? Сколько растений имеет красные корнеплоды и сколько желтые корнеплоды во втором поколении?

Дано: A – желтый корнеплод a – красный корнеплод ♀ - AA ♂ - aa	Решение: P: ♀ AA x ♂ aa желтые корнеплоды красные корнеплоды G: A a F_1: Aa – желтые корнеплоды. F_1: ♀ Aa x ♂ Aa желтые корнеплоды желтые корнеплоды G: A A a a F_2: AA – желтые корнеплоды, Aa – желтые корнеплоды, Aa – желтые корнеплоды, aa – красные корнеплоды. Ответ: все 256 растений первого поколения (F_1) гетерозиготны. Во втором поколении (F_2) появляются три генотипа – AA, Aa, aa. 265 растений второго поколения (F_2) имеют красные корне-

	плоды и 795 растений имеют желтые корнеплоды.

Задачи по наследованию летальных признаков можно распознать по следующим признакам:

- даны доминантные и рецессивные признаки,
- даны генотипы и фенотипы родителей,
- есть информация о генах, которые приводят к гибели эмбрионов,
- реальное расщепление признаков отличается от ожидаемого.

Пример задачи №4. Серый с холодным подтоном цвет шерсти – доминантный признак, серый с теплым подтоном – рецессивный. Лисица с серой с холодным подтоном шерстью может погибнуть только в том случае, если она является гомозиготным организмом. При скрещивании двух животных с серой с холодным подтоном шерстью получили 90 лисят. Сколько животных погибло на эмбриональной стадии? Какие генотипы будут у родившихся лисят? Какие фенотипы имеют родившиеся лисята?

Дано: A – платиновая окраска a – серебристо-серая окраска AA – гибель	Решение: P: ♀ Aa x ♂ Aa платиновая окраска платиновая окраска G: A A a a F_1: AA – гибель, Aa – платиновая окраска, Aa – платиновая окраска, aa – серебристо-серая окраска. Ответ: из 90 потомков 25% погибает, а 75% выживает. Теоретически общее число потомков – 120 (30 из низ погибают). Выжили лисята с генотипом Aa и aa. Среди выживших 60 животных имеет платиновую окраску.

Задачи на неполное доминирование характеризуются признаками:

- даны доминантные и рецессивные признаки,
- даны фенотипы и генотипы родителей,
- при скрещивании доминантного и рецессивного организма образуется особь с совершенно новым признаком,
- гетерозиготы по фенотипу отличаются от гомозигот,

- расщепление по генотипу равноценно расщепление по фенотипу.

Пример задачи №5. Красная окраска шерсти – доминантный признак, а белая – рецессивный. У гетерозиготных особей наблюдается чалая окраска шерсти. С какой вероятность при скрещивании двух чалых особей может появиться теленок с той же окраской, что и родители?

Дано:	Решение:
А – красная шерсть а – белая шерсть Аа – чалая масть	Р: ♀ Аа (чалая масть) х ♂ Аа (чалая масть) G: А, а и А, а F_1: АА – красная шерсть, Аа – чалая масть, Аа – чалая масть, аа – белая масть. Ответ: вероятность появления теленка чалой окраски при скрещивании чалых родителей составляет 50%.

Задачи на определение фенотипов и генотипов у родителей, а также на определение доминантного и рецессивного признака можно определить по следующим признакам:

- даны генотипы и фенотипы потомков,
- необходимо найти генотипы и фенотипы родителей.

Пример задачи №6. Шерсть средней длины – доминантный признак, а короткой – рецессивный признак. Кролика с короткой шерстью скрестили с крольчихой, в результате чего родилась половина крольчат со средней шерстью и половина с короткой. Какой генотип и фенотип крольчихи?

Дано:	Решение:
А – нормальная шерсть а – короткая шерсть ♂ - аа F_1: 4 (крольчата с короткой шерсть):3 (крольчата с длинной шерстью)	Р: ♀ Аа (нормальная шерсть) х ♂ аа (короткая шерсть) G: А, а и а F_1: Аа – нормальная шерсть, аа – короткая шерсть. Ответ: генотип крольчихи – Аа, фенотип крольчихи – нормальная шерсть.

Пример задачи №7. При скрещивании растений с желтыми плодами и зелеными были получены особи с желтыми плодами. Какой признак является доминирующим? Какие генотипы у родителей и потомков?

Дано:	Решение:
♀ - растение с желтыми плодами ♂ - растение с зелеными плодами	Желтые плоды – доминантный признак, т.к. все потомство единообразно, имеет желтые плоды. P: ♀ AA (желтые плоды) x ♂ aa (зеленые плоды) G: A a F_1: Aa – желтые плоды. Ответ: A – желтые плоды, a – зеленые плоды. Генотипы родителей – AA и aa, генотип потомков – Aa.

Также в школьном курсе могут встречаться задачи на анализирующее скрещивание. Такие задания характеризуются тем, что неизвестен генотип одного из родителей и в фенотипе проявляется доминантный признак [16].

2. Дигибридное скрещивание

В задачах подобного типа необходимо анализировать наследование двух признаков. Гены находятся в аутосомах и наследуются независимо друг от друга.

В данном разделе могут встретиться задачи на определение генотипа и фенотипа потомков и на третий закон Менделя. Они характеризуются следующими признаками:

- даны все доминантные и рецессивные признаки,
- даны фенотипы и генотипы родительских особей,
- необходимо найти фенотипы и генотипы потомков.

Пример задачи №8. Жесткие волосы и веснушки – доминантные признаки, а мягкие волосы и отсутствие веснушек – рецессивные. Данные гены находятся в разных аутосомах. Женщина с жесткими волосами и без веснушек (гетерозиготна по гену, отвечающему за структуру волос) вышла замуж за мужчину с мягкими волосами и веснушками (гетерозиготен по гену, отвечающему за наличие или отсутствие веснушек). Каковы фенотипы у детей?

Дано:	Решение:
А – жесткие волосы а – мягкие волосы В – веснушки в – нет веснушек	P: ♀ Аавв (белая окраска плода, дисковидная форма) x ♂ ааВв (белая окраска плода, шаровидная форма) G: Ав, ав; аВ, ав F_1: АаВв – жесткие волосы, веснушки, Аавв – жесткие волосы, нет веснушек, ааВв – мягкие волосы, веснушки, аавв – мягкие волосы, нет веснушек.

Задачи с количественными данными имеют следующие признаки:

- даны все доминантные и рецессивные признаки,
- даны фенотипы и генотипы родителей,
- дано количество потомков, полученных в результате скрешивания,
- понятен характер расщепления признаков [16].

Пример задачи №9. Белая окраска плода и дисковидная форма – доминантные признаки, а желтая окраска и шаровидная форма – рецессивные. Тыкву с доминантными признаками скрестили с тыквой с белыми шаровидными плодами. В результате получились 37,5% белых дисковидных и такой же процент белых шаровидных, 12,5% желтых дисковидных и такое же количество желтых шаровидных. Каковы генотипы и фенотипы потомков?

Дано:	Решение:
А – белая окраска плода а – желтая окраска плода В – дисковидная форма плода в – шаровидная форма плода	P: ♀ АаВв (белая окраска плода, дисковидная форма) x ♂ Аавв (белая окраска плода, шаровидная форма) G: АВ, Ав, аВ, ав; Ав, ав F_1: ААВв – белая окраска и дисковидная форма плодов, АаВв – белая окраска и дисковидная форма плодов, ААвв – белая окраска и шаровидная форма плодов, Аавв – белая окраска и шаровидная форма плодов, АаВв – белая окраска и дисковидная форма плодов, ааВв – желтая окраска и дисковидная форма плодов, Аавв – белая окраска и шаровидная форма плодов, аавв – желтая окраска и шаровидная форма плодов.

Задачи на определение характера расщепления и вероятности появления потомков с одним фенотипом можно охарактеризовать признаками:

- даны все доминантные и рецессивные признаки,
- даны генотипы и фенотипы родительских особей,
- необходимо определить генотипы и фенотипы потомков [16].

Пример задачи №10. Глухота и болезнь Вильсона – рецессивные признаки. В браке глухого мужчины и женщины с болезнью Вильсона родился ребенка с обоими заболеваниями. С какой вероятностью мог бы родиться здоровый ребенок [20]?

Дано:	Решение:
А – нормальный слух а – глухота В – нормальный обмен меди в – болезнь Вильсона	Р: ♀ Аавв (нормальный слух, болезнь Витьсона) х ♂ ааВв (глухота, нормальный обмен меди) G: Ав, ав / аВ, ав F_1: АаВв – нормальный слух, нормальный обмен меди, Аавв – нормальный слух, болезнь Вильсона, ааВв – глухота, нормальный обмен меди, аавв – глухота, болезнь Вильсона. Ответ: в данном браке здоровый ребенок может родиться с вероятностью 25%.

Задачи на определение генотипа и фенотипа родительских особей отличаются по следующим признакам:

- даны фенотипы и генотипы потомков,
- дан характер расщепления признака среди потомков,
- даны фенотипы родительских особей.

Пример задачи №11. Ноги с оперением и розовидный гребень – доминантные признаки, а ноги без оперения и простой гребень – рецессивные. При скрещивании особи с оперением и простым гребнем и особи без оперения и простым гребнем. В результате появилась одна половина цыплят с простым гребнем без оперения, а другая половина с простым гребнем с оперением. Какой генотип был у курицы и петуха?

Дано:	Решение:
А – оперенные ноги а – неоперенные ноги В – розовидный гребень в – простой гребень	Т.к. по признаку формы гребня нет расщепления, значит, у обоих родителей эти аллели гомозиготны (вв). По признаку оперения ног есть расщепление, значит у одного из родителей должен быть гетерозиготный генотип (Аа).

50% в F_1 – оперенные ноги и простой гребень 50% в F_1 – неоперенные ноги и простой гребень	P: ♀ Аавв (оперенные ноги, простой гребень) x ♂ аавв (неоперенные ноги, простой гребень) G: Ав, ав ; ав F_1: Аавв – оперенные ноги, простой гребень, аавв – неоперенные ноги, простой гребень. Ответ: генотипы родителей – Аавв и аавв.

3. Сцепленное наследование генов

В данных заданиях обучающиеся могут столкнуться с парами альтернативных признаков, гены которых находятся в одной паре гомологичных хромосом. К признакам данных задач можно отнести:

- наследование нескольких признаков,
- расщепление признаков происходит не так, как при независимом наследовании признаков,
- используется понятие «кроссинговер».

Пример задачи №12. Серая окраска тела и средней длины крылья – доминантные признаки, а черная окраска тела и короткие крылья – рецессивные. Какое потомство может образоваться при скрещивании дигетерозиготной самки и дигомозитного самца? Определите генотипы и фенотипы потомства, если известно, что признаки сцеплены попарно, а в половых хромосомах происходит кроссинговер [35].

Дано: А – серое тело а – черное тело В – нормальные крылья в – удлиненные крылья Гены сцеплены, кроссинговер происходи	Решение: P: ♀ АаВв (серое тело, нормальные крылья) x ♂ аавв (черное тело, удлиненные крылья) G: АВ, Ав, аВ, ав ; ав F_1: АаВв – серое тело, нормальные крылья, Аавв – серое тело, удлиненные крылья, ааВв – черное тело, нормальные крылья, аавв – черное тело, удлиненные крылья.

4. Сцепленное с полом наследование

В данных задачах рассматривается наследование признаков, которые находятся в половых хромосомах. Данные задания можно распознать по следующим признакам:

- даны несколько признаков,
- одна или несколько пара аллельных признаков находится в половых хромосомах.

Пример задачи №13. Одна пара генов, отвечающая за окраску шерсти, располагается в половых хромосомах. Рыжая окраска шерсти – доминантный признак, а черная – рецессивный. Гетерозиготный организм имеет черепаховый окрас шерсти. Могут ли родиться рыжие котята при скрещивании черепаховой кошки с черным котом [36]?

Дано: X^B – рыжая шерсть X^b – черная шерсть X^BX^b – черепаховая шерсть	Решение: P: ♀ X^BX^b (черепаховая окраска) x ♂ X^bY (черная окраска) G: X^B, X^b и X^b, Y F_1: X^BX^b – кошка с черепаховой окраской, X^BY – кот с рыжей окраской, X^bX^b – кошка с черной окраской, X^bY – кот с черной окраской. Ответ: в данном скрещивании могут родиться рыжие котята с вероятностью 25%.

Таким образом, в школьном курсе можно выделить четыре вида генетических задач. При этом каждый тип включает в себя несколько подтипов. Обучающиеся в курсе генетики должны познакомиться со всем спектром задач для того, чтобы понять взаимосвязь теоретических знаний с жизнью. К тому же задачи позволяют закрепить понятия и теории.

1.4 Виды генетических задач в ЕГЭ

Каждый год единый государственный экзамен по биологии обновляется и вместе с тем появляются новые задачи по генетике. На ЕГЭ в 2023 году

выпускники сталкиваются с генетическими задачами в задании №4 (первая часть) и задании №29 (вторая часть). По мнению Дмитрия Андреевича Соловкова в данном экзамене можно выделить 6 типов генетических задач [13].

1. Определение числа типов гамет.
2. Моногибридное скрещивание.
3. Дигибридное скрещивание.
4. Наследование групп крови.
5. Наследование признаков, сцепленных с полом.
6. Задачи смешанного типа.

В задачах первой части необходимо находить соотношение расщепления фенотипов или генотипов и определять вероятность рождения потомков с определенными признаками.

Пример генетической задачи первой части ЕГЭ по биологии. Нормальное зрение – доминантный признак. Какова вероятность того, что зрячая собака несет ген слепоты, если от скрещивания с такой же собакой, родился один слепой щенок?

Дано:	Решение:
А – нормальное зрение а – слепота	P: ♀ Aa (нормальное зрение) x ♂ Aa (нормальное зрение) G: A, a; A, a F_1: AA, Aa, Aa, aa В генотипе собаки со 100% вероятностью должен быть рецессивный аллель, т.к. был рожден слепой щенок.

Подобные задачи были также рассмотрены в предыдущем параграфе. Данные задания не требуют глубоких знаний по генетике и выполняются достаточно быстро. Они в себе содержат только одно скрещивание.

Пример генетической задачи второй части ЕГЭ по биологии. При скрещивании томата со сложными соцветиями и опушенными плодами с растениями с простыми соцветиями и гладкими плодами образовались особи со сложными соцветиями и опушенными плодами. При анализирующем скрещивании были получены потомки с четырьмя фенотипами – 40, 15, 15, 40

особей. Составьте схему решения задачи. Определите генотипы и фенотипы родителей и потомков. Объясните формирование четырех фенотипических групп в потомстве.

Дано:	Решение:
А – сложные соцветия а – простые соцветия В – опушенные плоды в – гладкие плоды	1. Р: ♀ аавв (простые соцветия, гладкие плоды) х ♂ ААВВ (сложные соцветия, опушенные плоды) G: ав АВ F_1: АаВв – сложные соцветия, опушенные плоды. 2. Р: ♀ аавв (простые соцветия, гладкие плоды) х ♂ АаВв (сложные соцветия, опушенные плоды) G: ав АВ, Ав, аВ, ав F_2: АаВв – сложные соцветия, опушенные плоды (40 особей), Аавв – сложные соцветия, гладкие плоды (15 особей), ааВв – простые соцветия, опушенные плоды (15 особей), аавв – простые соцветия, гладкие плоды (40 особей). Присутствие в потомстве двух многочисленных групп особей (40 кустов томатов со сложными соцветиями и опушенными плодами и 40 кустов томатов с простыми соцветиями и гладкими плодами) – это результат сцепления генов: аллель А сцеплен с аллелем В, а аллель а сцеплен с аллелем в. Две другие малочисленные фенотипические группы (15 кустов томата со сложными соцветиями и гладкими плодами и 15 кустов томата со сложными соцветиями и опушенными плодами) – образуются в результате кроссинговера.

Подобные задачи всегда включают в себя два скрещивания и ответ на вопрос об особенностях фенотипов и генотипов родителей и их потомков. В редких случаях данные задания включают в себя только три скрещивания без ответа на дополнительный вопрос. Данные задачи трудоемки и требуют значительной подготовки выпускников. Особенные сложности у выпускников вызывают задачи смешанного типа. В данном виде заданий одна пара признаков сцеплена с Х-хромосомой, а другая расположена в аутосомах [22].

Чтобы успешно решать генетические задачи второй части выпускник должен знать не только особенности оформления задач и общие генетические понятия, но и особенности строения хромосом. В данных заданиях часто используется понятие «кроссинговер», «кроссоверные и некроссоверные га-

меты» и «морганиды». В 2023 году выпускники на ЕГЭ по биологии столкнулись и с классическими генетическими задачами, и с построением генетических карт. По сравнению с задачами, которые попадались обучающимся на экзамене 10 лет назад, современные задания гораздо интереснее. Это значит, что современным школьникам необходимо уделять больше времени на подготовку и быть готовыми к заданиям любой сложности.

ГЛАВА 2. РАЗРАБОТКА И ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЛЕКТА ТРЕНИРОВОЧНЫХ ЗАДАНИЙ ПО ТЕМАМ РАЗДЕЛА «КЛАССИЧЕСКАЯ ГЕНЕТИКА» ШКОЛЬНОГО КУРСА БИОЛОГИИ

2.1 Алгоритм разработки комплекта тренировочных заданий по темам раздела «Классическая генетика» школьного курса биологии

Процесс разработки комплекта тренировочных заданий по решению генетических задач включает в себя несколько этапов. Каждый пункт должен включать в себя ряд шагов, ведущих к одной цели – успешное освоение темы обучающимися. Учитывая все методические рекомендации, мы вывели четыре этапа разработки пособия.

1. Определение исходных данных.
2. Планирование концепции пособия задач.
3. Реализация.
4. Оценка и корректировка пособия.

Первый пункт (этап определения исходных данных) основан на определении конкретных задач, на реализацию которых направлено разрабатываемое пособие. В соответствии с поставленными задачи мы выбрали компоненты содержания обучения в пособии. Также мы учли многие актуальные для школьников проблемы, с которыми они часто сталкиваются при изучении темы: «Генетика». Важно интегрировать пособие задач по генетике в уже существующий комплект учебников и учебных пособий [32].

После определения исходных задач мы перешли ко второму этапу. Мы сформировали представление о компонентах содержания обучения и их месте в комплекте заданий по генетике. Так как наша разработка направлена на решение частных задач обучения и создается на основе школьных учебников, небольшое количество часов, выделяемых на изучение генетики, и необходимость решения поставленных задач определяет выставление на первый план планирование стратегии разработки пособия.

На этапе реализации было разработано пособие по генетическим задачам на основе учебных программ и школьных учебников. Но наша разработка пригодится не только школьникам, но и выпускникам. В пособии представлены генетические задачи не только школьного уровня, но и экзаменационного. На едином государственном экзамене по биологии выпускники сталкиваются с такими заданиями в первой и во второй части. Сложности возникают у выпускников с генетическими задачами второй части.

При разработке комплекта заданий мы учли типичные ошибки, которые школьники часто совершают при решении генетических задач. Чтобы наша разработка подошла школьникам с любым уровнем знаний, мы включили задания разного уровня сложности. Также в пособии есть подробное объяснение решения задач.

Этап оценки эффективности основан на апробации разработанных генетических задач на школьниках. На этом этапе также была проведена корректировка учебного пособия, которая включала в себя разъяснение типичных ошибок обучающихся и подробное объяснение задач второй части ЕГЭ.

Например, школьники часто совершают ошибки при написании гамет в дигибридном скрещивании. Обучающиеся должны точно помнить, что каждая гамета должна включать в себя гены двух признаков. Описание этой ошибки мы включили в пособие генетических задач, которое представлено в приложении 1. Фрагмент пособия представлен в таблице 3.

Таблица 3 – Ошибки при написании гамет (Приложение 1)

Неправильные гаметы	Правильные гаметы
Аа АА аа Вв Вв аа	АВ Ав аВ ав

Обучающиеся часто совершают ошибки при написании генотипов потомков в дигибридном скрещивании. Неверное написание связано с тем, что

гаметы складывают и забывают о структуре генотипа (табл. 4).

Таблица 4 – Ошибки при написании генотипов

Неправильные генотипы потомков	Правильные генотипы потомков
Авав	АаВв
Авав	Аавв
аВав	ааВв
авав	аавв

В нашей разработке есть подробное объяснение каждого типа задач. Например, ниже представлено объяснение решения генетической задачи моногибридного скрещивания. Данный фрагмент представлен в разработанном нами пособии из Приложения 1.

Пример задачи. *Альбинизм – аутосомный рецессивный признак. В браке альбиноса и женщины с нормальной пигментацией кожи родился альбинос и ребенок с нормальной пигментацией. Определите генотипы родительских организмов и потомков.*

Решение

По условию задачи *один из родителей альбинос, значит, его генотип – аа*. У *другого родителя нормальная пигментация кожи*, значит, для него характерны *два типа генотипов – АА и Аа*. Если *в результате брака, родился и альбинос, и ребенок с нормальной пигментацией кожи, то генотип родителя – Аа*. Это связано с тем, что *альбинизм проявляется только в том случае, если у обоих родителей есть рецессивный аллель.*

Дано:	Решение:
А – нормальная пигментация кожи а - альбинизм	P: ♀ Аа x ♂ аа нормальная пигментация альбинизм G: A a a F_1: Аа – нормальная пигментация кожи, аа – альбинизм.

Т.к. выпускники, сдающие ЕГЭ по биологии, во второй части решают сложные генетические задачи. Не все школьники понимают, как справляться с такими заданиями, поэтому мы уделили особенное внимание этим задачам.

Мы постарались максимально подробно расписать алгоритм решения генетических задач второй части. Фрагмент пособия представлен ниже.

Пример задачи. *В браке голубоглазого мужчины со светлыми волосами и кареглазой женщины с темными волосами родились дети с одним цветом глаз и волос. В браке голубоглазой женщины со светлыми волосами и кареглазого мужчины с темными волосами родились девочки с карими глазами и темными волосами и мальчики с карими глазами и светлыми волосами. Составьте схемы скрещивания. Определите генотипы родителей, генотипы фенотипы и пол потомков. Объясните фенотипическое расщепление во втором скрещивании.*

Решение

1. ***Определение доминантных и рецессивных признаков***

Текст задачи. *...В браке голубоглазой женщины со светлыми волосами и кареглазого мужчины с темными волосами родились девочки с карими глазами и темными волосами и мальчики с карими глазами и светлыми волосами. В браке голубоглазой женщины со светлыми волосами и кареглазого мужчины с темными волосами родились девочки с карими глазами и темными волосами и мальчики с карими глазами и светлыми волосами...*

Данная задача относится к *крисс-кросс наследованию*, т.к. *признаки у мужчин и женщин меняются между собой в первом и втором скрещивании.*

Если у потомков, полученных в результате второго скрещивания, проявляется только один признак – *карие глаза, значит, данный признак является доминантным.* Если по этому признаку *не наблюдается расщепление*, то он *является аутосомным.*

Цвет волос является сцепленным с Х-хромосомой, т.к. по этому *признаку есть расщепление.*

Дано: А – карие глаза а – голубые глаза X^{B} – темные волосы $X^{в}$ – светлые волосы	

2. *Первое скрещивание*

Текст задачи. *...В браке голубоглазой женщины со светлыми волосами и кареглазого мужчины с темными волосами родились девочки с карими глазами и темными волосами и мальчики с карими глазами и светлыми волосами...*

Если *в первом скрещивании образуется единообразное поколение*, значит, *все организмы должны быть гомозиготны*.

Дано:	Решение:
А – карие глаза а – голубые глаза X^B – темные волосы $X^в$ – светлые волосы	1. P: ♀ aaX^BX^B x ♂ AAX^BY голубые глаза, светлые волосы — карие глаза, темные волосы G: $aX^в$ — AX^B, AY F_1: AaX^BX^B – женский организм, карие глаза, темные волосы, AaX^BY – мужской организм, карие глаза, темные волосы.

3. *Второе скрещивание*

Текст задачи. *...В браке голубоглазой женщины со светлыми волосами и кареглазого мужчины с темными волосами родились девочки с карими глазами и темными волосами и мальчики с карими глазами и светлыми волосами...*

Во втором скрещивании также *родительские особи также голозиготы*.

Дано:	Решение:
А – карие глаза а – голубые глаза X^B – темные волосы $X^в$ – светлые волосы	1. P: ♀ aaX^BX^B x ♂ $AAX^вY$ голубые глаза, светлые волосы — карие глаза, темные волосы G: aX^B — $AX^в$, AY F_1: $AaX^BX^в$ – женский организм, карие глаза, темные волосы, AaX^BY – мужской организм, карие глаза, темные волосы. 2. P: ♀ $AAX^вX^в$ x ♂ aaX^BY голубые глаза, светлые волосы — карие глаза, темные волосы G: $AX^в$ — aX^B, aY

	F_2: $AaX^BX^в$ – женский организм, карие глаза, темные волосы, $AaX^вY$ – мужской организм, карие глаза, светлые волосы.

4. Объяснение фенотипического расщепления во втором скрещивании

Дано: A – карие глаза a – голубые глаза X^B – темные волосы $X^в$ – светлые волосы	Решение: 1. P: ♀ aaX^BX^B (голубые глаза, светлые волосы) x ♂ $AAX^вY$ (карие глаза, темные волосы) G: aX^B $AX^в$ AY F_1: $AaX^BX^в$ – женский организм, карие глаза, темные волосы, AaX^BY – мужской организм, карие глаза, темные волосы. 2. P: ♀ $AAX^вX^в$ (голубые глаза, светлые волосы) x ♂ aaX^BY (карие глаза, темные волосы) G: $AX^в$ aX^B aY F_2: $AaX^BX^в$ – женский организм, карие глаза, темные волосы, $AaX^вY$ – мужской организм, карие глаза, светлые волосы. Во втором скрещивании получилось фенотипическое расщепление по цвету волос, т.к. светлые волосы – рецессивный признак, сцепленный с Х-хромосомой (женщины наследуют доминантный аллель от отца, а мужчины получают от матери только рецессивный аллель).

Помимо подробного объяснения, в пособии имеются задачи для тренировки. В конце пособия есть ответы к задачам. У многих задач в ответах есть подробная схема решения задач.

2.2 Экспериментальная апробация комплекта тренировочных заданий по темам раздела «Классическая генетика» для школьников

В 2022-2023 гг. мы провели апробацию комплекта заданий по темам раздела «Классическая генетика» на базе школ города Рязань – МБОУ «Школа №36» и МБОУ «Школа №11». В эксперименте приняло участие 116 обучающихся 10 класса и 10 обучающихся 11 класса (выпускников, планирующих сдавать ЕГЭ по биологии). Используемый учебно-методический комплект – учебник Пасечника (базовый и профильный уровень) [27, 28, 29, 30].

Изначально планировался эксперимент и в 9 классе, но из-за изменений в рабочей программе обучающиеся 9 класса изучают анатомию. Школьники впервые сталкиваются с генетикой только в 10 классе.

Ребята во всех классах имеют разный уровень знаний по биологии. Чтобы определить этот уровень, было проведено входное тестирование по разделу «Основы генетики». Апробация пособия проходила после изучения каждой темы раздела «Генетика» [26]. Например, после изучения первого и второго закона Менделя обучающиеся решали задачи из раздела «Моногибридное скрещивание» [10].

В апробации приняло участие два класса с базовым изучением и два класса с профильным изучением биологии. Один класс решал задачи по разработанному нами пособию, а другой класс – по другим пособиям. Таким образом, в контрольной и экспериментальной группах было следующее количество обучающихся.

1. Контрольная группа (10 класс, базовый уровень) – 28 обучающихся.
2. Экспериментальная группа (10 класс, базовый уровень) – 30 обучающихся.
3. Контрольная группа (10 класс, углубленный уровень) – 29 обучающихся.
4. Экспериментальная группа (10 класс, углубленный уровень) – 29 обучающихся.
5. Контрольная группа (11 класс, сдающие ЕГЭ по биологии) – 7 обучающихся.
6. Экспериментальная группа (11 класс, сдающие ЕГЭ по биологии) – 7 обучающихся.

При апробации пособия участвовало два класса с примерно одинаковым уровнем знаний. Уровень знаний был установлен с помощью входного тестирования [25]. В одном классе использовалось разработанное нами пособие генетических задач, а в другом классе обучающиеся, которые изучают биология на базовом уровне, решали задачи из сборников:

1. Крестьянинов, В. Ю. Сборник задач по генетике с решениями : ме-тод. пособие для школьников, абитуриентов и учителей / В. Ю. Крестьянинов, Г. Б. Вайнер. – Саратов : Лицей, 1998. – 108 с. [20].
2. Песецкая, Л. Н. Сборник задач по генетике : учебно-методическое пособие / Л. Н. Песецкая, Г. Г. Гончаренко, Н. Н. Острейко. – Гомель : Издательство ООО «Сэр-Вит», 2002 – 114 с. [31].

В классах с углубленным изучением биологии обучающиеся дополнительно изучали задачи повышенного уровня сложности, в том числе задачи второй части ЕГЭ по биологии. Здесь дополнительно использовались следующие учебные пособия.

1. Гончаров, О. В. Генетика. Задачи / О. В. Гончаров. – Саратов : Лицей, 2005. – 352 с. [9]
2. Кириленко А. А. Биология ЕГЭ. Раздел «Генетика». Все типы задач. 10-11 класс. Тренировочная тетрадь / А. А. Кириленко. – Ростов н/Д: Легион. 2016. – 64 с. [17].
3. Крестьянинов, В. Ю. Сборник задач по генетике с решениями : ме-тод. пособие для школьников, абитуриентов и учителей / В. Ю. Крестьянинов, Г. Б. Вайнер. – Саратов : Лицей, 1998. – 108 с. [20].
4. Песецкая, Л. Н. Сборник задач по генетике : учебно-методическое пособие / Л. Н. Песецкая, Г. Г. Гончаренко, Н. Н. Острейко. – Гомель : Издательство ООО «Сэр-Вит», 2002 – 114 с. [31].
5. ЕГЭ. Биология / ФИПИ ; под ред. Рохлова В. С.. – М. : Национальное образование, 2023. – 395 с. [12].

Правила оформления генетических задач для обучающихся контрольной группы были разобраны с учителем и записаны в тетради. Никакого дополнительного материала использовано не было. Обучающиеся экспериментальной группы также были ознакомлены учителем с правилами оформления задач, которые представлены с разработанном нами пособии.

В нашем пособии учтены ошибки, которые чаще всего совершают. Изначально были учтены только ошибки при написании гамет при дигибрид-

ном скрещивании, но после проведения первой проверочной работы по дигибридному скрещиванию было решено добавить информацию про ошибки при написании генотипов.

В качестве ошибок при решении задач мы учитывали:

1. Неправильное написание генотипов родительских особей,
2. Неправильное определение и написание гамет,
3. Неправильное написание генотипов потомков,
4. Неправильное написание или отсутствие фенотипов, если в условии задачи отмечено, что фенотип необходимо указывать,
5. Неправильное определение соотношение генотипов или фенотипов,
6. Неправильное определение типа задач,
7. Отсутствие ответа.

Задача считается неправильно решенной в том случае, если присутствует одна и более ошибок, которые перечислены выше.

В результате эксперимента было установлено, что экспериментальная группа реже совершала ошибки при написании гамет и генотипов по сравнению с контрольной группой. Результаты представлены на рисунке 1.

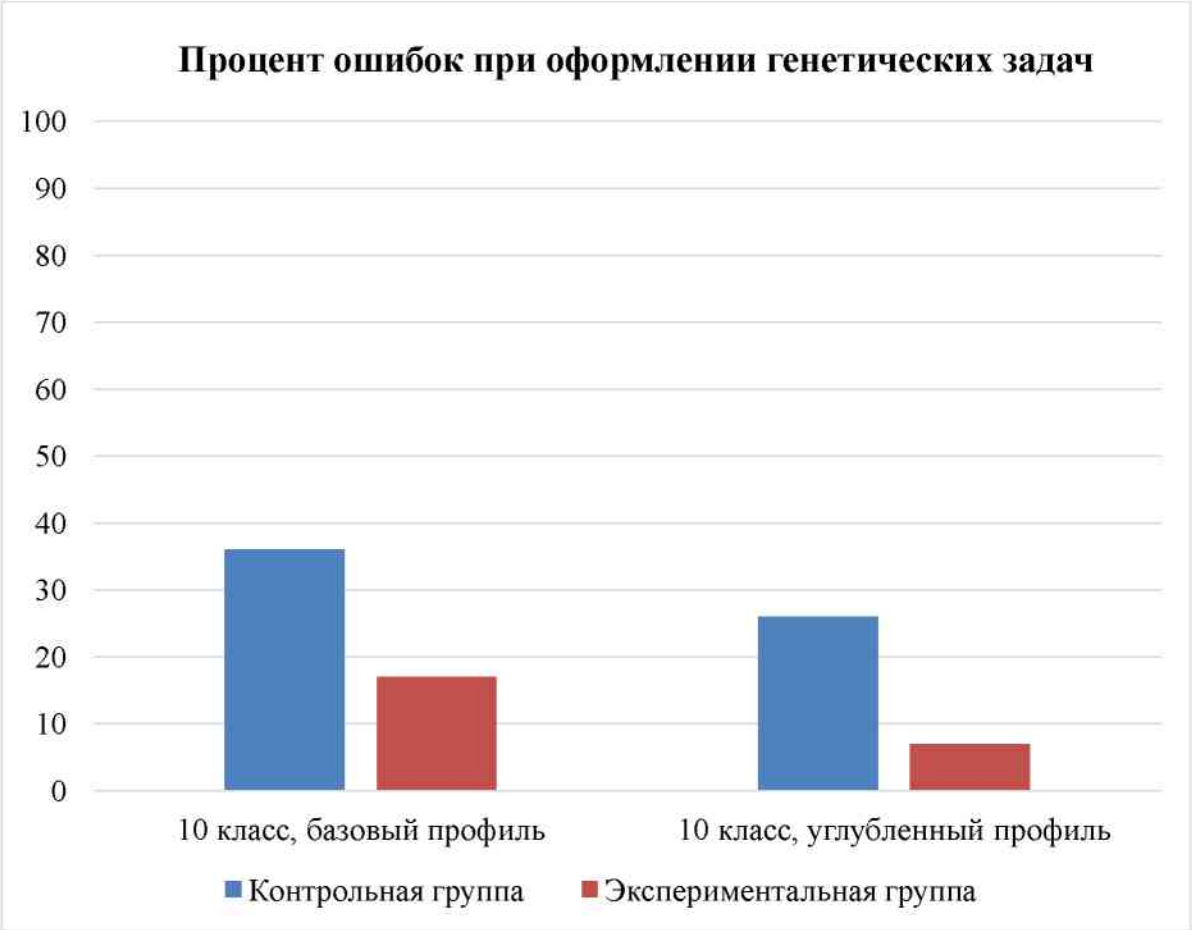


Рисунок 1. Процент ошибок при оформлении генетических задач

Обучающиеся, как правило, отлично справляются с задачами на моногибридное скрещивание. В этом случае процент ошибок у контрольной и экспериментальной группы минимальный. Результаты представлены на рисунке 2.

Пример задачи на моногибридное скрещивание (Приложение 1). Альбинизм – аутосомный рецессивный признак. В браке альбиноса и женщины с нормальной пигментацией кожи родился альбинос и ребенок с нормальной пигментацией. Определите генотипы родительских организмов и потомков.

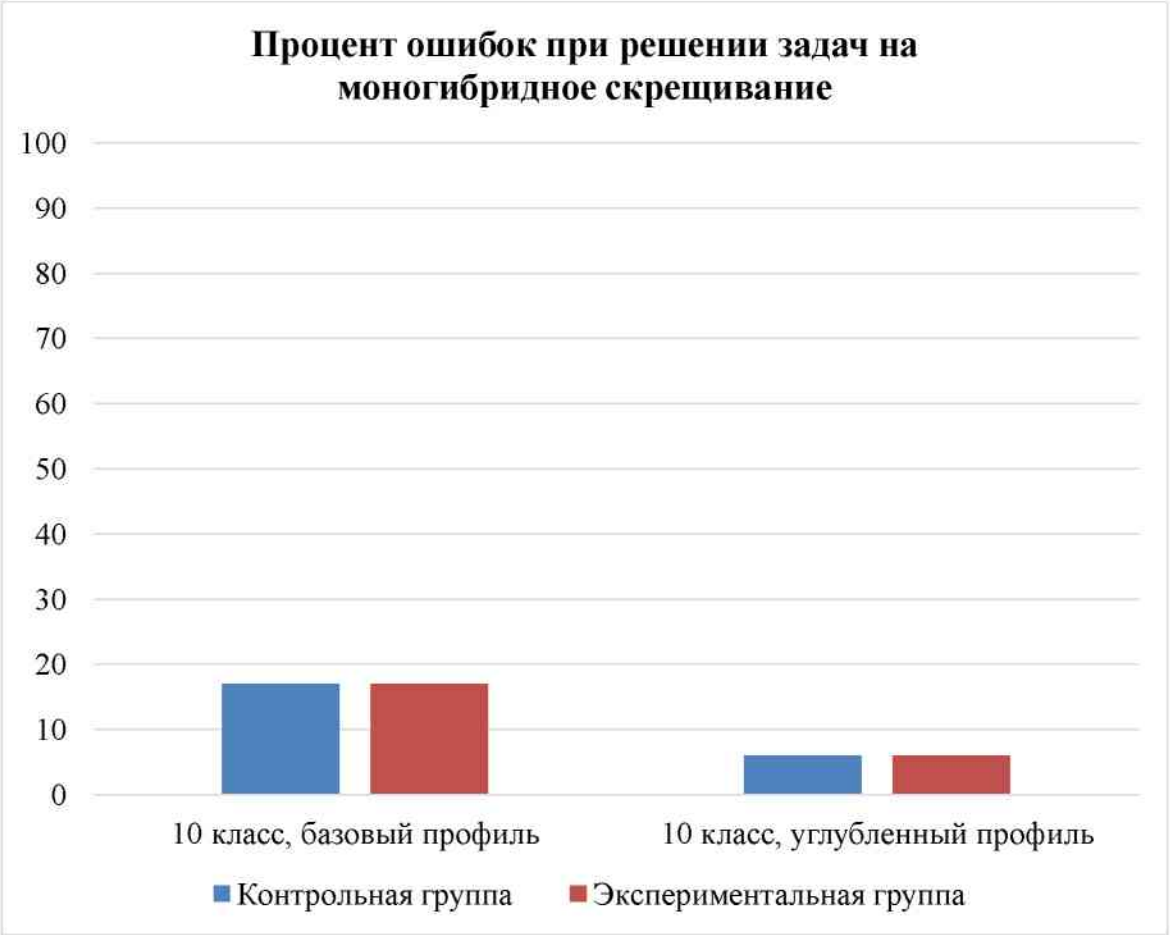


Рисунок 2. Процент ошибок при решении задач на моногибридное скрещивании

Также в школе изучают генетические задачи на неполное доминирование. С этими задачами обучающиеся справляются не так хорошо, как с заданиями на моногибридное скрещивание. Результаты решения задач на неполное доминирование у контрольной и экспериментальной групп представлены на рисунке 3.

Пример задачи на неполное доминирование (Приложение 1). У растения «ночная красавица» наследование окраски цветка осуществляется по промежуточному типу. Гомозиготные особи имеют красные и белые цветки, а гетерозиготные – розовые. При скрещивании двух растений одна половина потомков имела розовые цветки, а другая – белые. Составьте схемы скрещивания и определите генотипы родителей и потомков.

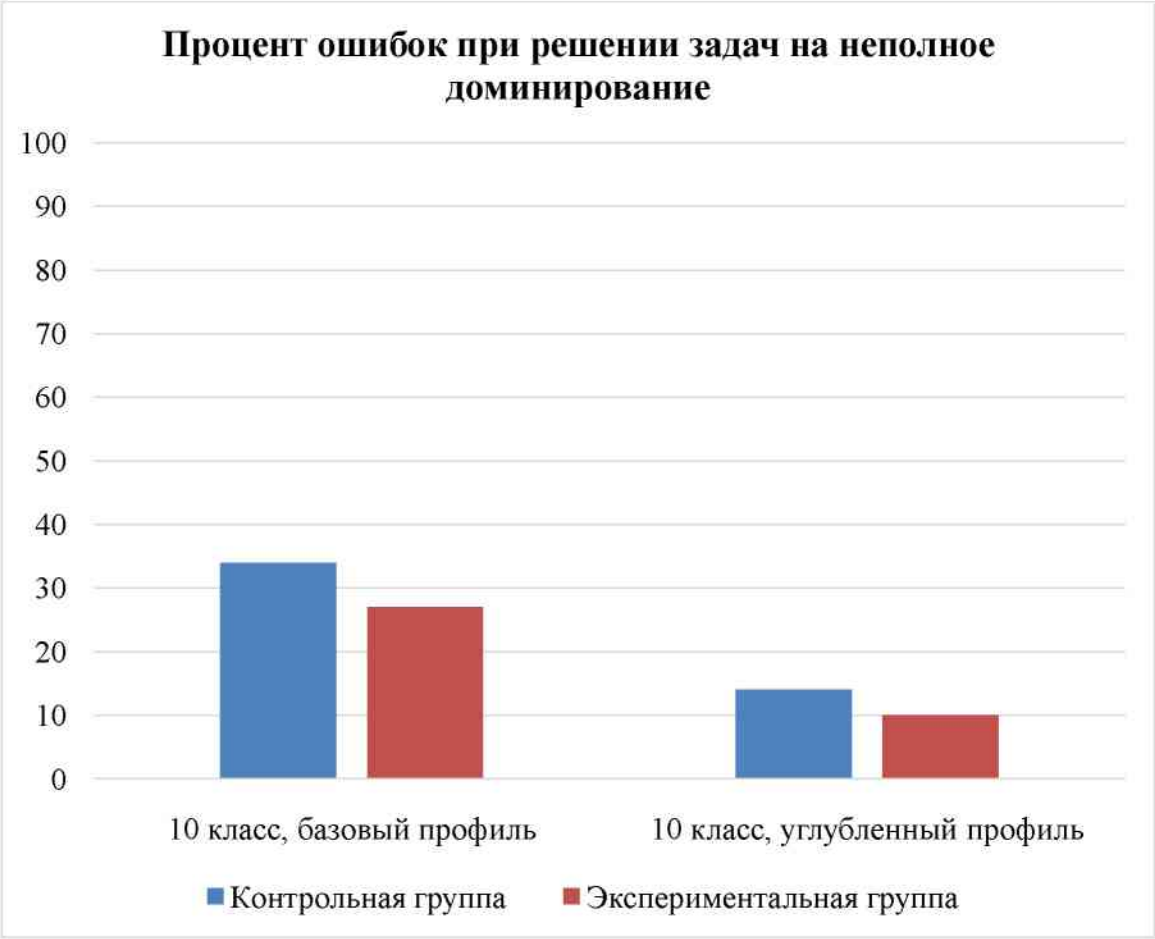


Рисунок 3. Процент ошибок при решении задач на неполное доминирование

Особенно обучающихся интересуют задачи на наследование групп крови и резус-фактора. В этих задачах ребята могут проверить наследование своей группы крови и предположить потомки с какими группами крови могут у них родиться. Единственная сложность здесь состоит в том, что нужно записать конкретные генотипы. Несмотря на высокий интерес, ребята совершают немало ошибок как в контрольной, так и в экспериментальной группе. Результаты решения подобных задач представлены на рисунке 4.

Пример задачи на наследование групп крови (Приложение 1). С какой вероятностью может родиться ребенок с IV группой крови и положительным резус-фактором у родителей с IV группой крови и отрицательным резус фактором и III группой крови и отрицательным резус-фактором?

Рисунок 4. Процент ошибок при решении задач на наследование групп крови и резус-фактора

Одни из самых сложных заданий для обучающихся – задачи на дигибриднование скрещивание. Мы часто наблюдали одинаковые ошибки – неправильное написание гамет и неправильное написание генотипов потомков. Также ребята невнимательно скрещивают гаметы отцовского и материнского организма и иногда пропускают генотипы потомков. Именно поэтому процент ошибок в этих заданиях один из самых высоких. Но стоит отметить, что обучающиеся из экспериментальной группы реже совершают ошибки, чем ребята из контрольной группы. Результаты представлены на рисунке 5.

Пример задачи на дигибридное скрещивание (Приложение 1). У дрозофилы серая окраска тела и наличие щетинок – доминантные признаки, которые наследуются независимо. Какое потомство следует ожидать от скрещи-

вания желтой самки без щетинок с гетерозиготным по обоим признакам самцом?

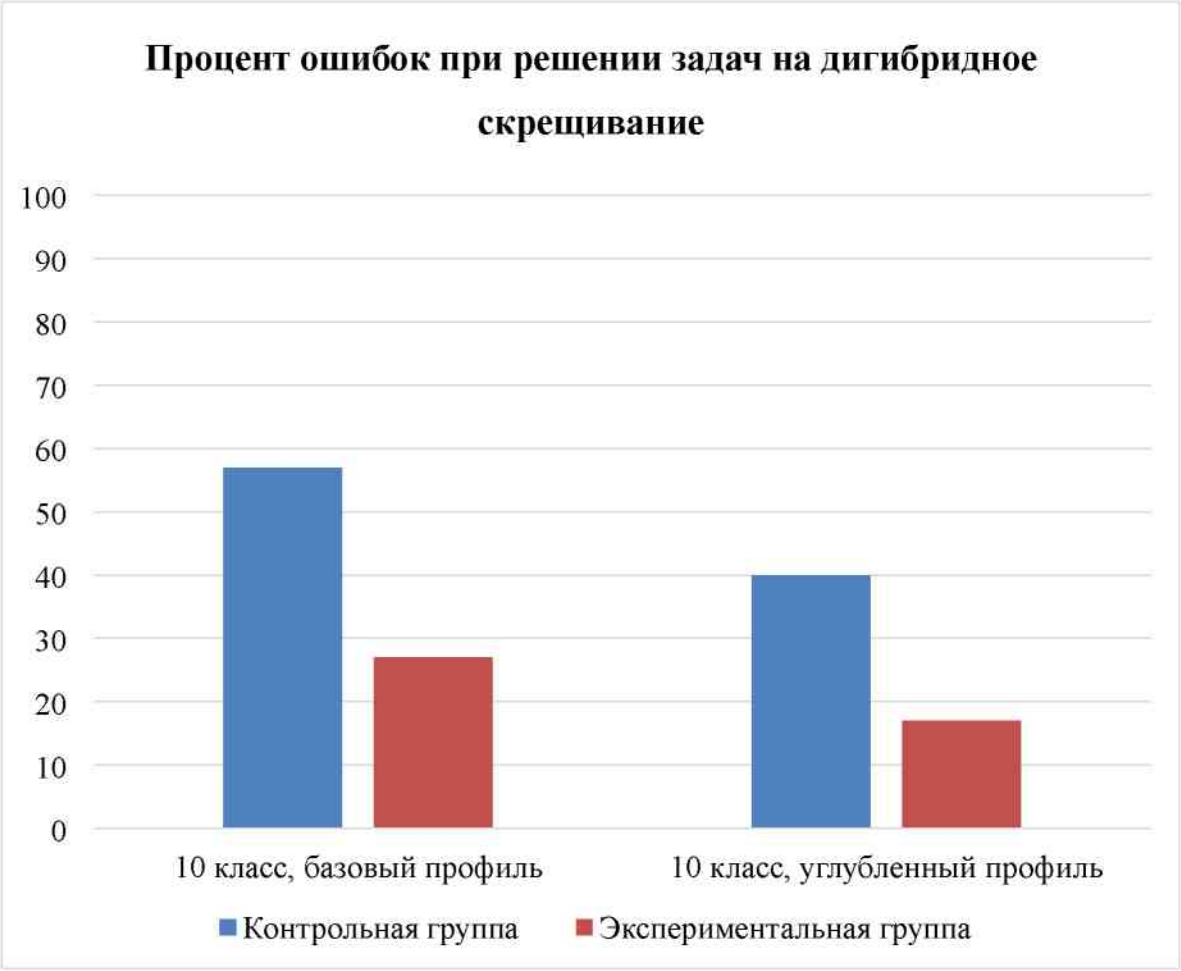


Рисунок 5. Процент ошибок при решении задач на дигибридное скрещивание

Также высокий процент ошибок наблюдается при решении задач на сцепленное наследование. По условию задачи не всегда понятно, что некоторые гены сцеплены полностью. Скорее всего это можно связать с тем, что обучающиеся не всегда хорошо помнят, что такое кроссинговер. Поэтому перед решением подобных задач, важно повторять мейоз. Генетические задачи без кроссинговера теряются в задачах с кроссинговером, поэтому в данных заданиях мы наблюдали самый высокий процент ошибок. Результаты представлены на рисунке 6.

Пример задачи на полное сцепление генов. Катаракта (А) и полидактия (В) – доминантные аллели двух генов, которые находятся в одной паре аутосом. Женщина, мать которой страдала от катаракты, а отец от полидактилии, вышла замуж за здорового мужчину. Дети с какими фенотипами могут родиться в результате этого брака? Кроссинговер отсутствует.

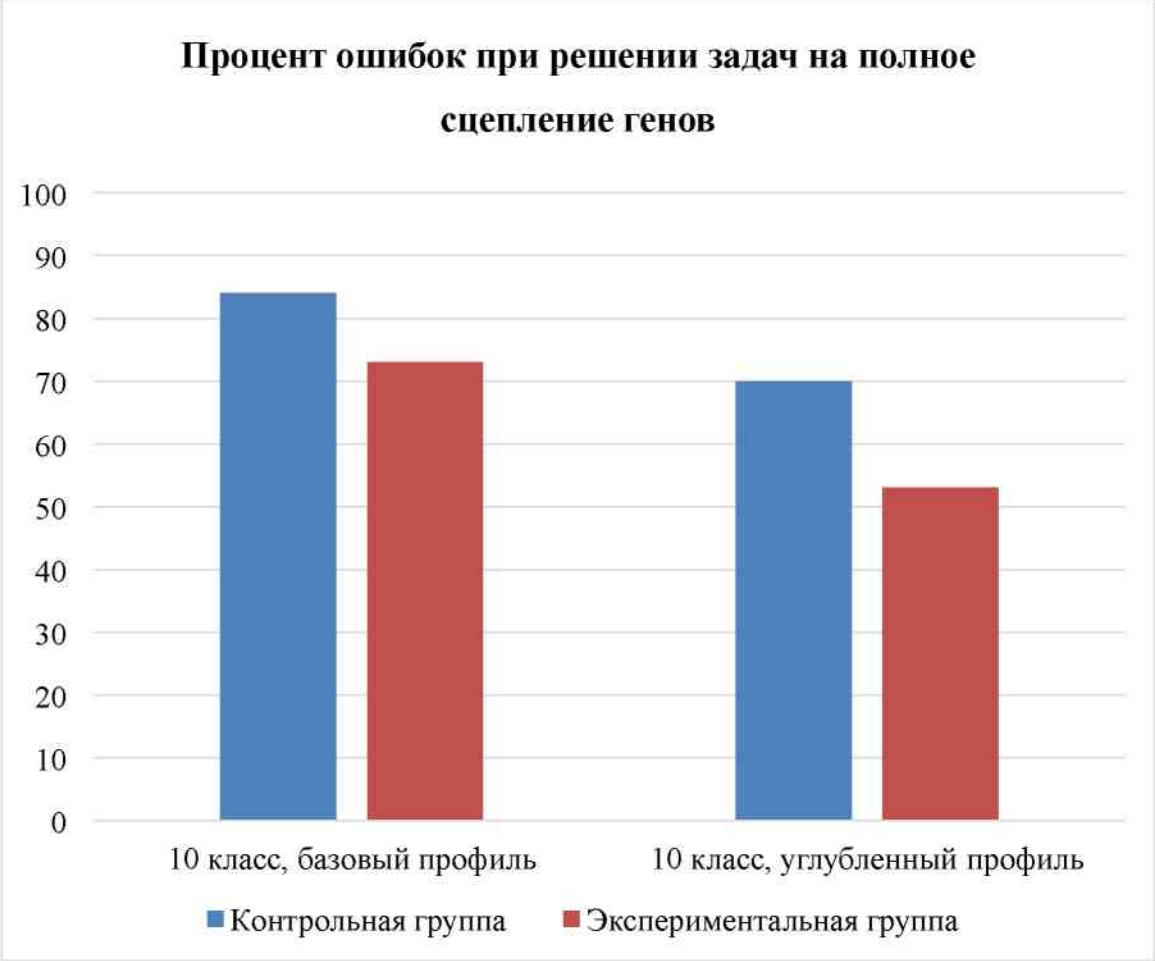


Рисунок 6. Процент ошибок при решении задач на сцепленное наследование генов

Обучающиеся также хорошо справляются с задачами на наследование генов, локализованных в половых хромосомах. Если задачи связаны с наследованием одного признака, то практически все обучающиеся правильно решают задания. Если задачи связаны с наследованием двух признаков, то процент ошибок схож с результатами, которые представлены на рисунке 5. Также обучающиеся не всегда могут различить задачи на простое скрещивание и

задачи на наследование генов, локализованных в половых хромосомах. Результаты этой части эксперимента представлены на рисунке 7.

Пример задачи на наследование генов, локализованных в половых хромосомах. Гемофилия (а) – рецессивный признак, сцепленный с Х-хромосомой. Мужчина-гемофилик, женился на здоровой гомозиготной женщине. У них родилась здоровая девочка. Опередите вероятность рождения гемофилика от брака получившейся дочери и здорового мужчины.

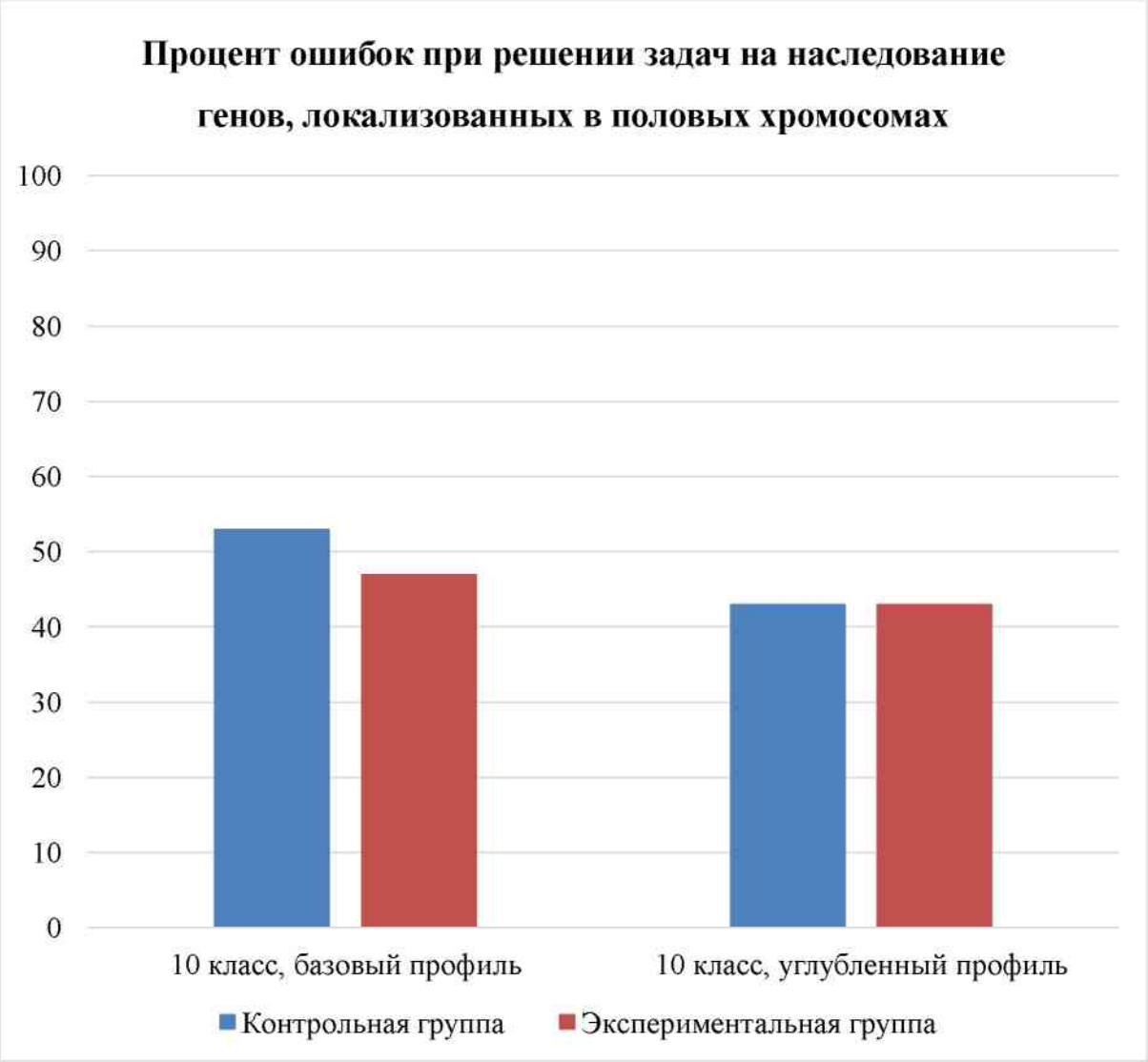


Рисунок 7. Процент ошибок при решении задач наследования признаков, локализованных в половых хромосомах

После завершения курса генетики в качестве проверочной работы обучающиеся решали генетические задачи. Сложность состояла в том, что ребятам было необходимо самостоятельно определить тип каждой задачи. Процент ошибок при решении задач к концу изучения данной темы значительно снизился. Самая частая ошибка – неправильное определение типа задачи. Нередко путают задачи на моногибридное скрещивание и задачи на наследование признаков, локализованных в половых хромосомах. Также повторялись типичные ошибки при решении задач на дигибридное скрещивание – неправильное написание гамет и генотипов потомков. Результаты проверочных работ представлены на рисунке 8.

Рисунок 8. Процент ошибок при решении генетических задач на проверочной работе

Также в эксперименте участвовали обучающиеся 11 классов, которые сдают ЕГЭ по биологии. Выпускники сталкиваются с генетическими задачами в первой и второй части единого государственного экзамена. С задачами первой части отлично справляются практически все обучающиеся контрольной и экспериментальной групп. Все одиннадцатиклассники были знакомы с генетическими задачи еще с 9 класса. Ребята из контрольной группы на основе остаточных знаний решали задачи из сборника ЕГЭ по биологии. Обучающиеся из экспериментальной группы решали генетические задания и знакомились с типами задач по разработанному нами пособию (Приложение 1).

Самые сложные задачи первой части – задания, связанные с родословными. Также ребята не всегда справляются с задачами на летальные гены, сцепленные гены и группы крови. Результаты решения задач первой части представлены на рисунке 10.

Пример задачи на моногибридное скрещивание из первой части ЕГЭ по биологии. Определите соотношение фенотипов у потомков при моногибридном скрещивании двух гетерозиготных организмов при полном доминировании. Ответ запишите в виде последовательности цифр, показывающих соотношение получившихся фенотипов, в порядке их убывания.

Пример задачи на неполное доминирование из первой части ЕГЭ по биологии. Определите вероятность проявления (в процентах) доминантного фенотипа у потомка анализирующего скрещивания гетерозиготного организма при неполном доминировании.

Пример задачи на Y-сцепленное наследование из первой части ЕГЭ по биологии. Какова вероятность рождения здоровых мальчиков в семье, где мать здорова, а отец болен гипертрихозом – болезнью, обусловленной наличием гена, сцепленного с Y-хромосомой?

Пример задачи на X-сцепленное наследование из первой части ЕГЭ по биологии. Какова вероятность (в процентах) рождения ребенка с дальтонизмом при вступлении в брак женщины – носительницы дальтонизма и мужчины с нормальным восприятием цвета?

Пример задачи на летальные гены из первой части ЕГЭ по биологии. Гомозиготные доминантные серые овцы при переходе на грубые корма гибнут, а гетерозиготные выживают. Определите, какой процент серых жизнеспособных особей родится при скрещивании серой овцы и черного барана.

Пример задачи на дигибридное скрещивание из первой части ЕГЭ по биологии. Сколько генотипов получится у потомства при скрещивании дигомозиготного по доминантным аллелям и дигомозиготного по рецессивным аллелям организмов? Ответ запишите в виде числа.

Пример задачи на анализирующее скрещивание из первой части ЕГЭ по биологии. Определите соотношение фенотипов у потомков при анализирующем скрещивании дигетерозиготного организма при полном доминировании и независимом наследовании генов. Ответ запишите в виде последовательности цифр, расположенных в порядке убывания.

Пример задачи на сцепление генов из первой части ЕГЭ по биологии. Какое количество генотипов образуется при скрещивании дигетерозиготной особи с дигомозиготным организмом при полном сцеплении генов?

Пример задачи на родословные из первой части ЕГЭ по биологии. По изображенной родословной человека (рис. 9) определите вероятность (в процентах) рождения в браке, отмеченном цифрой 1, ребенка с признаком, обозначенным черным цветом, при полном его доминировании. В ответе запишите только соответствующее число.

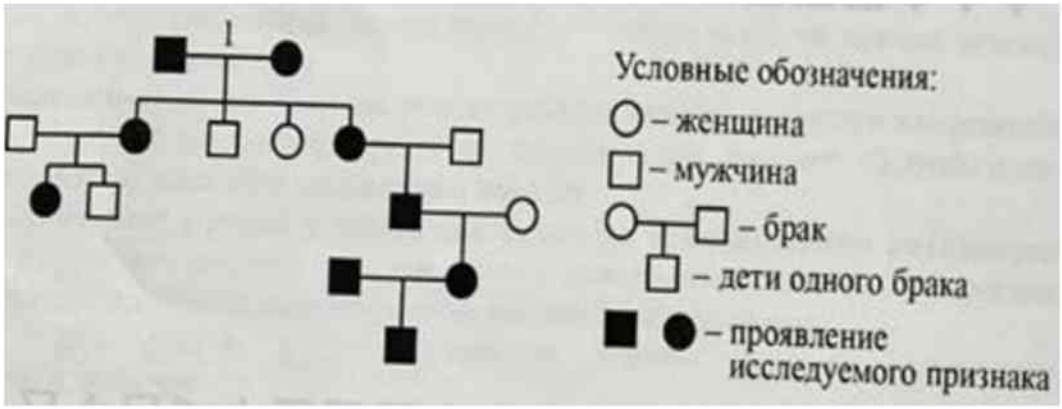


Рисунок 9. Родословная человека

Пример задачи на наследование групп крови из первой части ЕГЭ по биологии. Определите вероятность (в процентах) рождения ребенка с III группой крови у родителей с I и IV группами. Ответ запишите в виде числа.

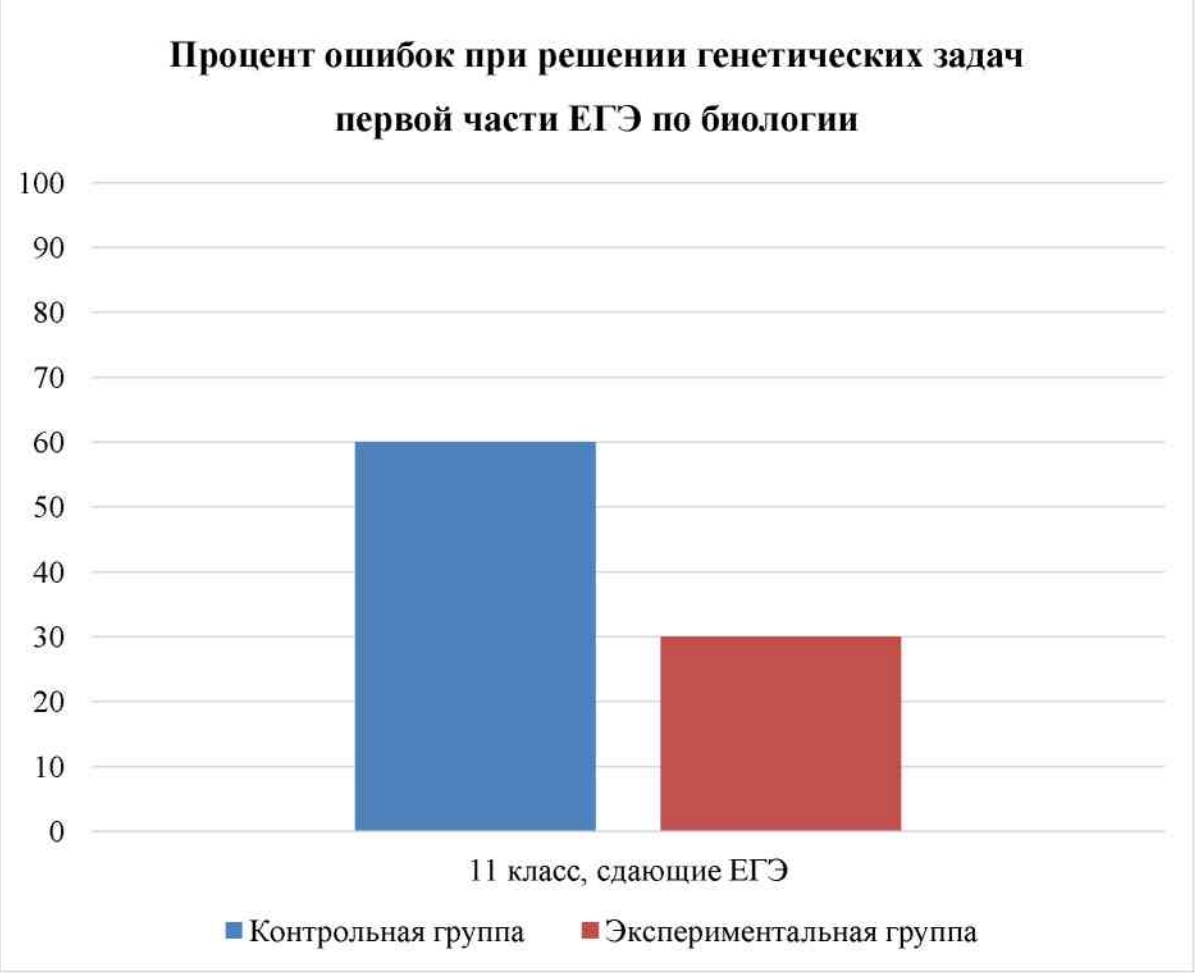


Рисунок 10. Процент ошибок при решении генетических задач первой части ЕГЭ по биологии

С задачами второй части обучающиеся справляются гораздо хуже, чем с первой. Наименьший процент ошибок наблюдается при решении задач с кроссинговером, задач на сцепленное с полом наследовании, задач на наследование групп крови и резус-фактора. Все остальные типы решаются гораздо хуже. Задачи второй части ЕГЭ мы оценивали согласно критериям, представленным ФИПИ [34]. За 28 задание ЕГЭ по биологии выпускник может получить 3 первичных балла. Результаты решения данных генетических задач представлены на рисунке 11.

Пример задачи на летальные гены из второй части ЕГЭ по биологии. В результате скрещивания кукурузы с вытянутыми листьями и нормальным ростом с кукурузой со скрученными листьями и карликовым ростом было получено 43 растения с вытянутыми листьями и карликовым ростом и 37 растений со скрученными листьями и карликовым ростом. Из полученных особей скрестили между собой растения с вытянутыми листьями и карликовым ростом. В результате получили потомство с расщеплением по фенотипу 6:3:2:1. Составьте схему решения задачи, определите генотипы и фенотипы родителей и потомков. Объясните полученное во втором скрещивании расщепление.

Пример задачи на сцепленное наследование без кроссинговера из второй части ЕГЭ по биологии. При скрещивании чистой линии мышей с прямой длинной шерстью и чистой линии мышей с кудрявой короткой шерстью были получены дигетерозиготные организмы. Полученного самца скрестили с дигомозиготной самкой с прямой длинной шерстью. В результате были получены особи с кудрявой короткой шерстью и особи с прямой длинной шерстью в соотношении 1:1. Составьте схему решения задачи, определите генотипы и фенотипы родителей и потомков. Объясните результаты, полученные во втором скрещивании.

Пример задачи на сцепленное наследование с кроссинговером из второй части ЕГЭ по биологии. При скрещивании томата со сложными соцветиями и опушенными плодами с растениями с простыми соцветиями и гладкими плодами образовались особи со сложными соцветиями и опушенными плодами. При анализирующем скрещивании были получены потомки с четырьмя фенотипами – 40, 15, 15, 40 особей. Составьте схему решения задачи. Определите генотипы и фенотипы родителей и потомков. Объясните формирование четырех фенотипических групп в потомстве.

Пример задачи на крисс-кросс наследование из второй части ЕГЭ по биологии. В браке голубоглазого мужчины со светлыми волосами и кареглазой женщины с темными волосами родились дети с одним цветом глаз и во-

лос. В браке голубоглазой женщины со светлыми волосами и кареглазого мужчины с темными волосами родились девочки с карими глазами и темными волосами и мальчики с карими глазами и светлыми волосами. Составьте схемы скрещивания. Определите генотипы родителей, генотипы фенотипы и пол потомков. Объясните фенотипическое расщепление во втором скрещивании.

Пример задачи на двойное сцепление с Х-хромосомой из второй части ЕГЭ по биологии. Между аллелями генов дальтонизма и куриной слепоты происходит кроссинговер. Здоровая женщина, мать которой страдала от дальтонизма, а отец от куриной слепоты, вышла замуж за здорового мужчину. В браке родилась здоровая моногомозиготная дочь, которая вышла замуж за здорового мужчину. В результате родился дальтоник. Составьте схемы решения задач. Укажите фенотипы и генотипы родителей, фенотипы, генотипы и пол потомков. Возможно ли в первом браке рождение больного этими заболеваниями ребенка. Ответ поясните.

Пример задачи на псевдоаутосомное наследование из второй части ЕГЭ по биологии. На Х- и Y-хромосомах есть псевдоаутосомные участки, которые содержат аллели одного гена, и между ними может происходить кроссинговер. К этой группе относится геморрагический диатез. Женщина, страдающая от геморрагического диатеза и дальтонизма, родители которой не имели данных заболеваний, вышла замуж за здорового мужчину, мать которого болела диатезом. В результате брака родилась здоровая дочь, которая вышла замуж за мужчину, болеющего геморрагическим диатезом. Составьте схемы решения задачи. Определите генотипы родителей, фенотипы, генотипы и пол потомков. Возможно ли рождение в первом браке ребенка, страдающего двумя названными заболеваниями? Ответ поясните.

Пример задачи на наследование групп крови и резус-фактора из второй части ЕГЭ по биологии. Группа крови (I) и резус-фактор (R) – аутосомные несцепленные признаки. В браке женщины с III группой крови и положительным резус-фактором и мужчины с I группой крови и отрицательным ре-

зусом-фактором родился сын с отрицательным резус-фактором. Составьте схему решения задачи. Определите генотипы родителей, генотипы и фенотипы потомков. Какова вероятность рождения в данном браке детей, фенотипически сходных по рассматриваемым признакам с матерью?

Пример задачи на хромосомное картирование из второй части ЕГЭ по биологии. Красные глаза, черное тело и зачаточные крылья – рецессивные признаки. Они локализованы в одной хромосоме. При анализирующем скрещивании особи с белыми глазами и серым телом доля потомков с родительскими признаками составляет 16%. При скрещивании самка с серым телом и нормальными крыльями, одна из родительских форм которой была дигомозиготной по доминантным признакам, с самцом с черным телом и зачаточными крыльями в потомстве было получено расщепление 230:230:20:20. Составьте схемы скрещивания. Определите генотипы и фенотипы родителей и потомков. Определите расстояние между генами A, B, C в морганидах и в соответствии с полученными данными постройте генетическую карту расположения указанных генов.

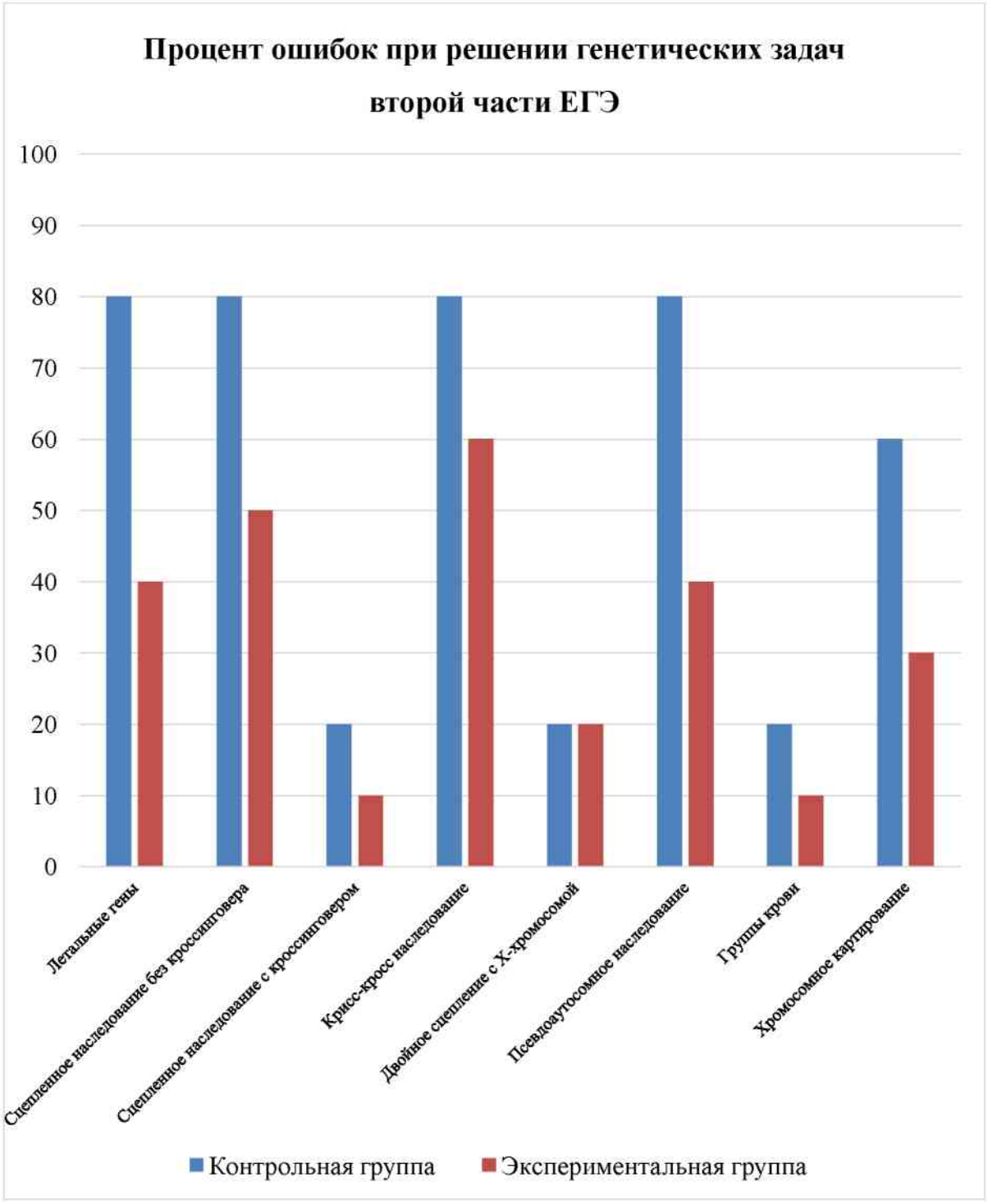


Рисунок 11. Процент ошибок при решении генетических задач второй части ЕГЭ по биологии

Таким образом, мы сделали следующие выводы по проведенному нами эксперименту.

1. Разработанное пособие показало свою высокую результативность не во всех разделах генетических задач. При сравнении результатов решения за-

дач десятиклассниками оказалось, что обучающиеся экспериментальной группы немного лучше решают генетические задачи по всем разделам. В среднем, разница в процентах ошибок при решении генетических задач десятиклассниками базового профиля составляет 9%, а десятиклассниками углубленного профиля – 7%. Но гораздо лучше десятиклассники из экспериментальной группы решают задачи по дигибридному скрещиванию. Разница у школьников базового профиля – 30%, у школьников углубленного профиля – 23% (рис. 5).

2. Как показало исследование школьники экспериментальной группы реже совершают ошибки при оформлении генетических задач. Разница в проценте ошибок у десятиклассников базового профиля составляет 19%, как и у школьников углубленного профиля.

3. В нашем пособии подробно разобраны все возможные типы генетических задач, поэтому у школьников экспериментальной группы есть четкое понимание типов генетических задач и способов их решения. К тому же у каждого обучающегося был доступ к электронной версии пособия, и они могли в любое время повторить материал. Школьники контрольной группы иногда путались в типах генетических задач, поэтому не всегда правильно решали задания.

4. Одиннадцатиклассники экспериментальной группы реже совершают ошибки при решении генетических задач первой части ЕГЭ. Разница в проценте ошибок между контрольной и экспериментальной группой составляет 30%. Такую большую разницу мы связываем с тем, что школьники экспериментальной группы были знакомы со всеми типами генетических задач экзамена, а ребята контрольной группы были знакомы с общими типами генетических задач и правилами решения задач.

5. Задачи второй части ЕГЭ по биологии одиннадцатиклассникам экспериментальной группы даются гораздо легче, чем школьникам контрольной группы. Разница в проценте ошибок в среднем составляет 22,5% процента. Наибольший процент ошибок наблюдается при решении задач на летальные

гены (80% ошибок у контрольной группы и 40% ошибок у экспериментальной группы), сцепленное наследование без кроссинговера (80% ошибок у контрольной группы и 50% ошибок у экспериментальной группы), крисс-кросс наследование (80% ошибок у контрольной группы и 60% ошибок у экспериментальной группы), псевдоаутосомное наследование (80% ошибок у контрольной группы и 40% ошибок у экспериментальной группы). Высокий процент ошибок у контрольной группы мы связываем с тем, что ребята не были знакомы с типами данных заданий и особенностями решения. Генетические задачи второй части ЕГЭ по биологии – это одни из самых сложных заданий экзамена. Именно поэтому выпускников необходимо знакомить со всеми тонкостями подобных заданий и давать решать большое количество генетических задач.

Таким образом, можем сделать вывод о том, что разработанное нами пособие отлично подходит для решения задач любого уровня сложности. Высокую результативность пособие показало при решении генетических задач по дигибридному скрещиванию. Также это пособие можно порекомендовать для одиннадцатиклассников, которые планируют сдавать ЕГЭ по биологии.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Генетика – важнейший раздел биологии, который изучается в 10 классе. Эта тема наиболее интересна обучающимся, ведь генетика тесно связана с нашей жизнью. Школьники с помощью знаний генетики могут проверять наследование признаков в своей семье и предполагать, какие признаки они передадут своим потомкам. Обучающиеся часто предлагают свои условия генетических задач, что говорит о высоком интересе к генетике.

Знания генетики школьники могут применять на уроках, в жизни, а также при сдаче ЕГЭ по биологии. Одно задание из первой части и одно задание второй части экзамена всегда связаны с генетическими задачами. Далеко не все выпускники могут верно решить эти задания и получить максимальное количество баллов.

Несмотря на высокий интерес к данному разделу биологии, в современной системе школьного образования есть проблемы в изучении генетики. Это связано с тем, что нет определенного места генетики в дисциплине «Биология», также не существует единого содержания, методики и приемов в обучении. Также есть существенная проблема в несоответствии школьного материала и материала единого государственного экзамена по биологии.

Большая часть учебных пособий ориентировано либо только на школьную программу, либо только на программу выпускного экзамена. Поэтому мы решили объединить одном пособии генетические задачи легкого и сложного уровней. Если обучающиеся справляются с простыми генетическими задачами на «отлично», то они всегда могут начать решать сложные задачи из второй части ЕГЭ.

В результате апробации нашего пособия задач по генетике мы выяснили, что оно подходит обучающимся с любым уровнем знаний. Мы предусмотрели самые частые ошибки, которые совершают школьники при решении подобных заданий. К тому же к каждому типу генетических задач есть подробное объяснение хода решения задач. Таким образом, мы даем четкий

алгоритм решения каждой генетической задачи. Поэтому обучающиеся из экспериментальной группы совершают ошибки реже на 19%.

Разработанное нами пособие генетических задач показало высокую результативность при решении задач на дигибридное скрещивание. Школьники экспериментальной группы совершают ошибки при решении задач подобного типа примерно на 26,5% реже, чем ребята контрольной группы. Задачи остальных типов школьники из контрольной и экспериментальной группы решают примерно с одинаковой успешностью.

В нашем пособии также есть генетические задачи ЕГЭ по биологии. Особенно подробно расписаны алгоритмы решения задач второй части выпускного экзамена. В результате эксперимента мы выяснили, что одиннадцатиклассники, которые занимались по нашему пособию, решают задачи всех типов гораздо лучше, чем обучающиеся контрольной группы. Наибольший процент ошибок наблюдается при решении задач на летальные гены, сцепленное наследование без кроссинговера, крисс-кросс наследование, псевдоаутосомное наследование. В данных типах задач процент ошибок у выпускников контрольной группы в среднем составляет 80%, а экспериментальной – 40%.

Генетические задачи второй части ЕГЭ по биологии – это одни из самых сложных заданий экзамена. Поэтому выпускников необходимо знакомить со всеми тонкостями подобных заданий. В нашем пособии генетических задач представлено подробное объяснение решения задач второй части ЕГЭ по биологии.

Таким образом, наше пособие генетических задач показало достаточно высокую результативность в эксперименте. Цель, поставленная при написании магистерской диссертации, была достигнута и все задачи решены.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Айала, Ф. Современная генетика / Ф. Айала, Дж. Кайгер. – М. : Мир, 1987. – 295 с.
2. Алиптов, Н. Организация контроля знаний / Н. Алиптов, А. Соколов // Информатика и образование. – 1989. – № 5. – С. 45-49.
3. Альбертс Б., Брей Д., Льюис Дж., Рэфф М., Робертс К., Уотсон Дж. Молекулярная биология клетки, Т 1-3. – М. : Мир, 1994.
4. Анастасова Л. П. Дидактический материал по курсу общей биологии / Л. П. Анастасова. – М. : НИИ школ, 1975. – 72 с.
5. Ватти, К. В. Руководство к практическим занятиям по генетике. Учебное пособие для студентов биологических факультетов педагогических институтов / К. В. Ватти, М. М. Тихомирова. – М. : Просвещение, 1973. – 179 с.
6. Верзилин, Н. М. Общая методика преподавания биологии / Н. М. Верзилин, В. М. Корсунская. — М. : Просвещение, 1976. – 384 с.
7. Всесвятский, Б. В. Системный подход к биологическому образованию в средней школе: Книга для учителя. М. : Просвещение, 1985. – 141 с.
8. Гиляров, М. С. Биологический энциклопедический словарь / М. С. Гиляров. – М. : Советская энциклопедия, 1986. – 894 с.
9. Гончаров, О. В. Генетика. Задачи / О. В. Гончаров. – Саратов : Лицей, 2005. – 352 с.
10. Дикарев, С. Д. Генетика. Сборник задач. / С. Д. Дикарев. – М. : Первое сентября, 2002. – 112 с.
11. ЕГЭ : сайт. – URL: https://4ege.ru/ege-gia/68114-srednie-bally-ege-2023.html (дата обращения: 10.06.2023)
12. ЕГЭ. Биология / ФИПИ ; под ред. Рохлова В. С.. – М. : Национальное образование, 2023. – 395 с.

13. ЕГЭ-студия : сайт. – URL: https://egestudy.ru (дата обращения: 10.06.2023).
14. Занков, Л. В. Избранные педагогические труды. / Л. В. Занков. М.: Педагогика, 1990. – 424 с.
15. Зверев, И. Д. Методика преподавания биологии: исторический очерк / И. Д. Зверев, Д. И. Трайтак // Биология в школе. – 1987. – № 5. – С. 22-30.
16. Иванова, О. А. Генетика / О. А. Иванова. – М. : Колос, 1974. – 430 с.
17. Кириленко А. А. Биология ЕГЭ. Раздел «Генетика». Все типы задач. 10-11 класс. Тренировочная тетрадь / А. А. Кириленко. – Ростов н/Д: Легион. 2016. – 64 с.
18. Киселева, З. С. Генетика: Учебное пособие по факультативному курсу для учащихся X классов. / З. С. Киселева, А. Н. Мягкова. – М.: Просвещение, 1983. – 175 с.
19. Комсомольская правда : сайт. – URL: https://www.kp.ru (дата обращения: 23.04.2023).
20. Крестьянинов, В. Ю. Сборник задач по генетике с решениями : метод. пособие для школьников, абитуриентов и учителей / В. Ю. Крестьянинов, Г. Б. Вайнер. – Саратов : Лицей, 1998. – 108 с.
21. Мамедова, Р. Ф. Достижения современной генетики и перспективы ее развития / Р. Ф. Мамедова, М. Ш. Бабаев // Вестник науки и образования : электронный журнал. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/dostizheniya-sovremennoy-genetiki-i-perspektivy-ee-razvitiya?ysclid=lq518hw4l861000253 (дата обращения: 13.05.2023).
22. Медведев, Н. Н. Практическая генетика / Н. Н. Медведев. – М : Наука, 1965. – 238 с.
23. Мягкова, А. Н. Методика обучения общей биологии: пособие для учителя / А. Н. Мягкова, Б. Д. Комиссаров. — М. : Просвещение, 1985. – 287 с.

24. Нгуен, Динь Ням. Формирование и развитие у учащихся генетических знаний в процессе обучения общей биологии в общеобразовательных школах Вьетнама : специальность 13.00.02: Теория и методика обучения и воспитания (по областям и уровням образования) : диссертация на соискание кандидат педагогических наук / Нгуен Динь Ням. – Москва, 1998. – 148 с.
25. Образовательные тесты. Генетика : сайт. – URL: https://testedu.ru/test/biologiya/11-klass/ege-po-biologii-genetika.html (дата обращения: 04.03.2023)
26. Орлова, Н. Н. Генетический анализ / Н. Н. Орлова. – М. : Издательство МГУ, 1991.
27. Пасечник, В. В. Биология 10 класс : учебник для общеобразовательных организаций : базовый уровень / В. В. Пасечник. – М. : Просвещение, 2019. – 224 с. : ил. – (Линия жизни).
28. Пасечник, В. В. Биология 10 класс : учебник для общеобразовательных организаций : углубленный уровень / В. В. Пасечник. – М. : Просвещение, 2019. – 336 с. : ил. – (Линия жизни).
29. Пасечник, В. В. Биология 11 класс : учебник для общеобразовательных организаций : базовый уровень / В. В. Пасечник. – М. : Просвещение, 2019. – 272 с. : ил. – (Линия жизни).
30. Пасечник, В. В. Биология 11 класс : учебник для общеобразовательных организаций : углубленный уровень / В. В. Пасечник. – М. : Просвещение, 2019. – 320 с. : ил. – (Линия жизни).
31. Песецкая, Л. Н. Сборник задач по генетике : учебно-методическое пособие / Л. Н. Песецкая, Г. Г. Гончаренко, Н. Н. Острейко. – Гомель : Издательство ООО «Сэр-Вит», 2002 – 114 с.
32. Сезонова, Т. В. Методика развития понятий об абиотических и биотических факторах в школьном курсе биологии : специальность 13.00.02: Теория и методика обучения и воспитания (по областям и уровням образования) : диссертация на соискание кандидат биоло-

гических наук / Сезонова Татьяна Владимировна. – Москва, 2002. – 134 с.

33. Селезнева, Е. С. Сборник задач по генетике / Е. С. Селезнева. – Самара : Универс групп, 2006. – 89 с.
34. Степенин А.А., Дацук Е.А. ЕГЭ по химии и биологии 2023-2024 : сайт. – URL: https://stepenin.ru/tasks/bio-lines (дата обращения: 15.05.2023).
35. Федоркова, Н. В. Решение задач по генетике / Н. В. Федоркова. – Вологда : Издательский центр ВИРО, 2008. – 86 с.
36. Фогель Ф. Генетика человека / Ф. Фогель, А. Мотульски. – М. : Мир, 1990.
37. Федеральный государственный образовательный стандарт основного общего образования [Текст] / М-во образования и науки Рос. Федерации. – М. : Просвещение, 2004. – 48 с. – Стандарты первого поколения.
38. Федеральный государственный образовательный стандарт среднего общего образования [Текст] / М-во образования и науки Рос. Федерации. – М. : Просвещение, 2004. – 48 с. – Стандарты первого поколения.
39. Федеральный государственный образовательный стандарт основного общего образования [Текст] / М-во образования и науки Рос. Федерации. – М. : Просвещение, 2011. – 48 с. – Стандарты второго поколения.
40. Федеральный государственный образовательный стандарт среднего общего образования [Текст] / М-во образования и науки Рос. Федерации. – М. : Просвещение, 2011. – 48 с. – Стандарты второго поколения.
41. Федеральный государственный образовательный стандарт основного общего образования [Текст] / М-во образования и науки Рос. Фе-

дерации. – М. : Просвещение, 2021. – 48 с. – Стандарты третьего поколения.

42. Федеральный государственный образовательный стандарт среднего общего образования [Текст] / М-во образования и науки Рос. Федерации. – М. : Просвещение, 2021. – 48 с. – Стандарты третьего поколения.
43. Федеральное учебно-методическое объединение по общему образованию. Рабочая программа среднего общего образования. Биология, базовый уровень. 10-11 класс / Министерство просвещения Российской Федерации. – М. : Просвещение, 2022. – 80 с.
44. Федеральное учебно-методическое объединение по общему образованию. Рабочая программа среднего общего образования. Биология, углубленный уровень. 10-11 класс / Министерство просвещения Российской Федерации. – М. : Просвещение, 2022. – 92 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Комплект тренировочных заданий по темам раздела «Классическая генетика» для школьного курса биологии

ПРЕДИСЛОВИЕ

Генетика на протяжении последних десятилетий занимает почетное место среди всех биологических дисциплин. Благодаря достижениям этой науки стали известны причины многих наследственных заболеваний и начали решаться продовольственные проблемы за счет создания высокопродуктивных растений и животных. Генетика всегда занимала особое место среди биологических тем, изучаемых в школе.

Обучающиеся всегда с интересом относятся к генетическим задачам. Это связано с тем, что в подобных заданиях часто рассматриваются случаи, которые возможно увидеть в жизни.

Цель нашего сборника заключается в помощи освоения генетики старшеклассникам и сдающим единый государственный экзамен (ЕГЭ) по биологии. Но важно отметить, что данное пособие не содержит в себе полный курс генетики. Для использования этого сборника у обучающегося уже должны быть базовые знания по данной дисциплине.

Пособие включает в себя задачи для закрепления школьного материала, а также типы задач, которые могут встретиться в ЕГЭ по биологии (по состоянию на 2024 год). В каждом разделе содержится несколько типов задач с подробным объяснением решения, а также задания для закрепления.

Данный сборник собирает в себе все популярные типы генетических задач, с которыми может столкнуться каждый школьник. Также сборник включает все типы задач ЕГЭ по биологии, основанные на вариантах прошлых лет, прошлогодних сборниках и рекомендациях ФИПИ. Таким образом, сборник генетических подойдет всем обучающимся без исключения.

Алгоритм решения и оформления генетических задач

Для успешного решения задач необходимо сначала ознакомиться с символами, которые традиционно используются в генетике (табл. 1). Данный сборник генетических задач не включает в себя теоретические основы по генетике, поэтому перед решением задач рекомендуем ознакомиться с школьным курсом генетики.

Таблица 1. Символы традиционной генетики

Символ	Расшифровка символа
♀	Женский организм
♂	Мужской организм
P	Родители
×	Скрещивание
F_1	Первое поколение
F_2	Второе поколение
А, В и т. д.	Гены, кодирующие доминантные признаки
а, в и т. д.	Гены, кодирующие рецессивные признаки
АА, ВВ и т. д.	Генотипы особей, моногомозиготных по доминантному признаку
аа, вв и т. д.	Генотипы особей, моногомозиготных по рецессивному признаку
Аа, Вв и т. д.	Генотипы моногетерозиготных особей
ААВВ	Генотип особи, дигомозиготной по доминантному признаку
аавв	Генотип особи, дигомозиготной по рецессивному признаку
АаВв	Генотип дигетерозиготной особи
ААВв и АаВВ	Генотипы особей, моногомозиготной по одному из доминантных признаков
ааВВ и ААвв	Генотипы особей, моногомозиготной по одному из доминантных признаков ИЛИ по одному из рецессивных признаков

Чтобы понять, как правильно оформлять и решать генетические задачи, необходимо рассмотреть конкретный пример. Мы выведем алгоритм, который позволит решать генетические задачи любой сложности.

Пример задачи. *В браке дигетерозиготного кареглазого темноволосого мужчины и голубоглазой светловолосой женщины родился голубоглазый светловолосый мальчик. Составьте схему решения. Определите генотипы родителей и потомков. С какой вероятностью мог родиться кареглазый ребенок в данной семье? Ответ поясните.*

1. Условия задачи

В генетических задачах рекомендуется начинать с установления доминантного и рецессивного признака. Если в условии указано, что *кареглазый темноволосый* мужчина *дигетерозиготен*, то у него может быть только один вариант генотипа – АаВв. Значит, *карие глаза и темные волосы – доминантные признаки*, а *голубые глаза и светлые глаза – рецессивные*. Если известно, что у женщины не проявляются доминантные признаки, значит, у нее может быть только один вариант генотипа – аавв.

Дано: А – карие глаза а – голубые глаза В – темные волосы в – светлые волосы АаВв – генотип отца аавв – генотип матери	

Но важно отметить, что *по рекомендациям ФИПИ не обязательно писать «Дано»*. Например, если при решении задачи второй части ЕГЭ по биологии не написать «Дано», то баллы не снимаются.

2. Схема скрещивания

После определения доминантных и рецессивных признаков и генотипов родителей необходимо написать схему скрещивания. Если известно, что *генотип отца АаВв*, то его нужно писать *у знака мужского организма «♂»*. Если данный генотип написать у знака женской особи, то это будет считаться ошибкой. Если известно, что *генотип матери аавв*, то его нужно писать строго *под знаком женской особи «♀»*.

Помимо генотипов родительских организмов, нужно указывать фенотипы. При решении задачи необходимо *над или под генотипом матери (аавв) указать «голубые глаза, светлые волосы» и генотипом отца (АаВв) «карие глаза, темные волосы»*.

Дано:	Решение:
А – карие глаза а – голубые глаза В – темные волосы в – светлые волосы АаВв – генотип отца аавв – генотип матери	Р: ♀ аавв х ♂ АаВа голубые глаза, светлые волосы — карие глаза, темные волосы

В схеме скрещивания можно начинать как материнского организма «♀», так и с отцовского организма «♂».

3. Гаметы

Генотипы родителей можно расписать на гаметы, при слиянии которых образуются генотипы потомков. Но в дигибридном скрещивании при написании гамет часто совершают ошибки.

Неправильные гаметы	Правильные гаметы
Аа АА аа Вв Вв аа	АВ Ав аВ ав

Таким образом, *в каждой гамете должно быть закодировано два признака* – цвет глаз и цвет волос. В дигибридном скрещивании гамета не может нести только один признак.

Генотип отца АаВв, значит, для него характерно четыре типа гамет – АВ, Ав, аВ, ав. Чтобы определить какие гаметы образуются, необходимо перекомбинировать все «А» и «а» с «В» и «в». Генотип матери аавв, значит, для нее свойственен только один тип гамет – ав.

Дано:	Решение:
А – карие глаза а – голубые глаза В – темные волосы в – светлые волосы АаВв – генотип отца аавв – генотип матери	Р: ♀ аавв х ♂ АаВа голубые глаза, светлые волосы — карие глаза, темные волосы G: ав — АВ, Ав, аВ, ав

4. Генотипы и фенотипы потомков

Чтобы определить генотипы потомков, необходимо перекомбинировать гаметы отца и матери. *Нельзя комбинировать между собой гаметы отца или гаметы матери.* Но иногда в схемах скрещивании при нахождении генотипов потомков совершают ошибки.

Неправильные генотипы потомков	Правильные генотипы потомков
P: ♀ аавв (голубые глаза, светлые волосы) x ♂ АаВа (карие глаза, темные волосы) G: ав; АВ, Ав, аВ, ав F_1: АаВв – карие глаза, темные волосы Аавв – карие глаза, светлые волосы ааВв – голубые глаза, темные волосы аавв – голубые глаза, светлые волосы ААВв – карие глаза, темные волосы ааВв – голубые глаза, темные волосы	P: ♀ аавв (голубые глаза, светлые волосы) x ♂ АаВа (карие глаза, темные волосы) G: ав; АВ, Ав, аВ, ав F_1: АаВв – карие глаза, темные волосы Аавв – карие глаза, светлые волосы ааВв – голубые глаза, темные волосы аавв – голубые глаза, светлые волосы

Также при написании генотипов потомков часто совершают ошибки. Нельзя просто складывать гаметы и забывать о структуре генотипа. Генотипы потомков должны быть схожи с родительскими организмами.

Неправильные генотипы потомков	Правильные генотипы потомков
Авав	АаВв
Авав	Аавв
аВав	ааВв
авав	аавв

Таким образом, в браке голубоглазой женщины со светлыми волосами с кареглазым мужчиной с темными волосами образуется четыре типа потомков.

Дано:	Решение:
А – карие глаза а – голубые глаза В – темные волосы в – светлые волосы АаВв – генотип отца аавв – генотип матери	P: ♀ аавв (голубые глаза, светлые волосы) x ♂ АаВа (карие глаза, темные волосы) G: ав; АВ, Ав, аВ, ав F_1: АаВв – карие глаза, темные волосы Аавв – карие глаза, светлые волосы ааВв – голубые глаза, темные волосы

	аавв – голубые глаза, светлые волосы

5. Объяснение результатов скрещивания

Во многих генетических задачах *объяснить результаты скрещивания можно с помощью генотипов родителей и образовавшихся гамет*. Например, при сцепленном с полом наследовании нужно учитывать, что сын наследуют Х-хромосому от матери, а Y-хромосому от отца. Именно поэтому сын может наследовать многие признаки от матери через Х-хромосому.

Дано: А – карие глаза а – голубые глаза В – темные волосы в – светлые волосы АаВв – генотип отца аавв – генотип матери	Решение: P: ♀ аавв (голубые глаза, светлые волосы) x ♂ АаВа (карие глаза, темные волосы) G: ав; АВ, Ав, аВ, ав F_1: АаВв – карие глаза, темные волосы Аавв – карие глаза, светлые волосы ааВв – голубые глаза, темные волосы аавв – голубые глаза, светлые волосы В браке может родиться ребенок с карими глазами с вероятностью 50%. Это связано с тем, что у отца гетерозиготный генотип (АаВв), поэтому не у 100% потомков карие глаза.

При решении генетических задач можно начинать не с родительских организмов, а с потомков. Также при выполнении заданий можно столкнуться с тем, что генотипы особей невозможно определить сразу. В этом случае необходимо провести несколько скрещиваний и найти нужный генотип. При решении генетических задач *не стоит бояться совершать ошибки, ведь всегда можно вернуться в начало и внимательнее перечитать условия задачи*. Генетические задачи требуют творческого подхода.

Моногибридное скрещивание

Моногибридное скрещивание – скрешивание, при котором *наследуется только одна пара альтернативных признаков*. При решении задач по моногибридному скрещиванию необходимо руководствоваться *первым и вторым законом Менделя*. Для успешного решения данного типа задач нужно знать *правило «чистоты гамет»*, согласно которому в каждую гамету попадает только один ген из каждой пары, определяющей развитие признака.

Пример задачи. *Альбинизм – аутосомный рецессивный признак. В браке альбиноса и женщины с нормальной пигментацией кожи родился альбинос и ребенок с нормальной пигментацией. Определите генотипы родительских организмов и потомков.*

Решение

По условию задачи *один из родителей альбинос, значит, его генотип – аа*. У *другого родителя нормальная пигментация кожи*, значит, для него характерны *два типа генотипов – АА и Аа*. Если *в результате брака, родился и альбинос, и ребенок с нормальной пигментацией кожи, то генотип родителя – Аа*. Это связано с тем, что *альбинизм проявляется только в том случае, если у обоих родителей есть рецессивный аллель.*

Дано:	Решение:
А – нормальная пигментация кожи а - альбинизм	P: ♀ Аа (нормальная пигментация) x ♂ аа (альбинизм) G: А, а F_1: Аа – нормальная пигментация кожи, аа – альбинизм.

Задачи для тренировки

1. Однотонная окраска арбузов – аутосомный рецессивный признак. В каком соотношении расщепляются фенотипы потомков при скрещивании двух арбузов с полосатыми плодами?
2. Ген, вызывающий глухоту, является рецессивным. Какой генотип может быть у отца, если известно, что его жена и сын глухие?

3. Кудрявые волосы – это доминантный признак. Могут ли родиться дети с кудрявыми волосами у родителей с прямыми волосами?
4. В результате скрещивания двух морских свинок с мохнатой шерстью родились 6 свинок с мохнатой шерстью и 2 свинки с гладкой шерстью. Определите генотипы родительских особей и потомков. Какой признак является доминантным, а какой рецессивным?
5. Ген круглой формы плодов томата доминирует над геном овальной формы. В результате скрещивания двух гетерозиготных организмов образовалось около 30 тысяч кустов с плодами овальной формы и около 90 тысяч кустов томатов с круглыми плодами. Какой процент от всех особей составляют организмы с генотипом Аа?
6. Шизофрения – рецессивный признак. С какой вероятностью может родиться ребенок с шизофренией у здоровых родителей, если известно, что бабушка со стороны матери и дедушка со стороны отца страдали от этого заболевания?
7. Двух черных самки скрестили с коричневым самцов. Первая самка родила только черных потомков, а вторая – 10 черных и 8 коричневых. Какой признак является доминантным, а какой рецессивным? Составьте схему скрещивания и определите генотипы родителей и потомков.
8. У двух родителей с нормальной пигментацией кожи родился альбинос. Альбинизм – это доминантный или рецессивный признак? Составьте схему скрещивания и определите генотипы родителей и их детей.
9. При скрещивании черных петухов и белых куриц родились только черные цыплята. Какой признак является доминантным?
10. При скрещивании двух дрозофил с черным телом образовалось 25% потомков с серым телом. Дрозофил с серым телом скрестили с родительскими особями и в результате получили 20 особей с черным телом и 23 особи с серым телом. Какой признак является доминантным?
11. Устойчивых к действию ДДТ самцов тараканов скрестили с чувствительными к ДДТ самками. В результате было получено потомство, ус-

тойчивое к действию ДДТ. При скрещивании полученных потомков родились 25% особей, неустойчивых к действию ДДТ. Какой признак является доминирующим?

12. При скрещивании гомозиготных серых самок мышей с черным самцом все потомки получились серыми. Полученную серую самку скрестили с тем же самцом получили серых и черных потомков. Определите генотипы родительских особей и потомков.
13. У двух братьев карие глаза, а у их сестры голубые. Мама этих детей голубоглазая, но ее родители имели карие глаза. Какой признак доминирует? Какой цвет глаз у папы?
14. При скрещивании серых мух друг с другом в потомстве наблюдалось расщепление: 1503 особи серого цвета и 489 особи черного цвета. Какой признак доминирует? Определите генотипы родителей.
15. Дурман, имеющий пурпурные цветы, дал при самоопылении 30 потомков с пурпурными и 9 с белыми цветами. Какие выводы можно сделать о наследовании окраски цветов у растений этого вида?

Неполное доминирование

Неполное доминирование характеризуется тем, что гетерозиготный организм проявляет промежуточный признак. Например, красная окраска цветов – доминантный признак, белая окраска – рецессивный признак. В моногибридном скрещивании можно было бы утверждать, что гетерозигота и гомозигота по доминантному признаку – растения с красными цветками, а гомозигота по рецессивному признаку – организм с белыми цветками. При неполном доминировании гетерозигота проявляет промежуточный признак – розовые цветки.

Иногда в тексте задачи не пишут, что наблюдается неполное доминирование. Но если в условии задачи описано три альтернативы одного признака, значит, речь идет о неполном доминировании.

Пример задачи. *У растения «ночная красавица» наследование окраски цветка осуществляется по промежуточному типу. Гомозиготные особи имеют красные и белые цветки, а гетерозиготные – розовые. При скрещивании двух растений одна половина потомков имела розовые цветки, а другая – белые. Составьте схемы скрещивания и определите генотипы родителей и потомков.*

Решение

Если известно, что растение с *розовыми цветками является гетерозиготным, значит, его генотип – Аа.* Можно предположить, что у *гомозиготы с красными цветками генотип – АА, а у гомозиготы с белыми цветками – аа.*

В результате скрещивания были *получены потомки с генотипами Аа и аа.* Значит, у *одного из родителей должен быть доминантный аллель и у обоих должны быть рецессивные аллели.*

Дано:	Решение:
АА – растения с красными цветками Аа – растения с розовыми цветками аа – растения с белыми цветками	P: ♀ Аа (розовые цветки) x ♂ аа (белые цветки) G: A, a; a F_1: Аа – растения с розовыми цветками, аа – растения с белыми цветками.

Задачи для тренировки

1. У гетерозиготных особей земляники наблюдается промежуточная форма чашечки между нормальной и листовидной. Какое потомство может образоваться при скрещивании двух особей с промежуточной формой чашечки?
2. При скрещивании пестрого петуха и курицы были получены черные, пестрые и белые цыплята в соотношении 1:2:1. Какой признак является доминирующим?
3. При скрещивании двух растений с овальными плодами было получено 73 растения с округлыми плодами, 145 растений с овальными плодами и 68 растений с длинными плодами. Определите генотипы родительских особей и потомков.
4. У растения ген широких листьев доминирует над геном узких листьев. При скрещивании растения с широкими листьями и организма с узкими листьями были получены особи с листьями промежуточной ширины. Определите генотипы родительских особей и потомков.
5. Сниженное содержание каталазы – промежуточный признак. Определите возможные фенотипы потомков в семье, в которой мать страдает от акаталазии (отсутствии каталазы в крови) и отец имеет нормальное содержание каталазы.
6. У крупного рогатого скота гетерозиготные организмы имеют чалую масть. С какой вероятностью может родиться теленок с чалой мастью при скрещивании коровы и быка с чалой мастью?
7. В природе встречаются овцы с длинными ушами и полностью безухие. При скрещивании длинноухих между собой, а также безухих особей между собой получается потомство, схожее по этому признаку с родителями. Гибриды, полученные в результате скрещивания длинноухих и безухих особей, имеют короткие уши. Какое потомство получится при скрещивании гибридов между собой?

8. При скрещивании горностаевых кур и петухов было получено 21 горностаевых, 10 черных и 8 белых цыплят. Определите генотипы родительских организмов и потомков.
9. Чалая окраска – промежуточный признак. Также у крупного рогатого скота есть белая и черная окраска. Какое потомство образуется при скрещивании чалой коровы и чалого быка?
10. У кур черная окраска доминирует над белой. Какой процент потомков с голубой краской оперения может образоваться при скрещивании черной курицы и белого петуха?
11. Как могут расщепиться генотипы потомков при моногибридном скрещивании двух гетерозиготных тушканчиков (неполное доминирование)?
12. С какой вероятностью может родиться потомок с промежуточным проявлением признака при скрещивании двух гетерозиготных особей?
13. Нормальная форма чашечки земляники – доминантный признак, а листовидная – рецессивный. Гетерозиготные организмы обладают промежуточным проявлением признака. С какой вероятностью при скрещивании особи с нормальной формой чашечки и особи с листовидной формой чашечки может появиться организм с промежуточным признаком?
14. При скрещивании петуха и курицы родились 30 пестрых, 15 черных и 15 белых цыплят. С какой вероятностью у одной из родительских особей может быть генотип Аа?
15. Курчавое оперение – промежуточный признак. Какова вероятность появления потомков со слабокурчавым оперением при скрещивании курицы с гладким оперением со слабокурчавым петухом?

Наследование групп крови и резус-фактора

У человека четыре группы крови, которые определяются комбинациями генов. Для успешного решения задач на наследование групп крови *необходимо знать генотип каждой группы крови (табл. 2).*

Таблица 2 – Генотипы групп крови

I группа крови	II группа крови	III группа крови	IV группа крови
I^0i^0	I^AI^A I^Ai^0	I^BI^B I^Bi^0	I^AI^B

Совместно с группой крови наследуется резус-фактор. Положительный резус-фактор имеет два генотипа – RR и Rr, а отрицательный только один – rr. Группа крови и резус-фактор могут находиться в одном генотипе. Например, человек с первой группой крови и отрицательным резус-фактором имеет генотип rri^0i^0. Гаметы, как и в дигибридном скрещивании, включают в себя две аллели – ri^0.

Пример задачи. *С какой вероятностью может родиться ребенок с IV группой крови и положительным резус-фактором у родителей с IV группой крови и отрицательным резус фактором и III группой крови и отрицательным резус-фактором?*

Решение

У одного родителя *IV группа крови и отрицательный резус-фактор, значит, ему свойственен генотип* rrI^AI^B. У другого родителя *III группа крови и отрицательный резус-фактор,* значит, ему свойственно *два генотипа –* rrI^BI^B *или* rrI^Bi^0. В этом случае необходимо *провести два скрещивания*, чтобы проверить генотипы потомков в каждом случае.

Дано:	Решение:
rrI^AI^B – генотип одного родителя rrI^BI^B и rrI^Bi^0 – генотипы другого родителя	P: ♀ rrI^AI^B x ♂ rrI^BI^B IV группа крови отрицательный резус-фактор; III группа крови отрицательный резус-фактор G: rI^A; rI^B

	rI^B F_1: rrI^AI^B – IV группа крови, отрицательный резус-фактор, rrI^BI^B – III группа крови, отрицательный резус-фактор. P: ♀ rrI^AI^B x ♂ rrI^Bi^0 IV группа крови отрицательный резус-фактор; III группа крови отрицательный резус-фактор G: rI^A, rI^B; rI^B, ri^0 F_1: rrI^AI^B – IV группа крови, отрицательный резус-фактор, rrI^BI^B – III группа крови, отрицательный резус-фактор, rrI^Ai^0 – II группа крови, отрицательный резус-фактор, rrI^Bi^0 – III группа крови, отрицательный резус-фактор. В данном браке ребенок с IV группой крови и положительным резус-фактором родиться не может (0% вероятности).

Задачи для тренировки

1. Какие группы крови могут быть у родителей, если у детей I и IV группа крови?
2. В браке мужчины с IV группой крови и положительным резус-фактором и женщины с I группой крови и отрицательным резус-фактором родился сын. С какой вероятностью сын может унаследовать группу крови и резус-фактор отца?
3. В родильном доме перепутали двух детей. У одной пары родителей I и II группа крови, а у другой II и IV группа крови. У одного ребенка II группа крови, а у другого – I группа крови. Определите родителей обоих детей.
4. Женщина с III группой крови возбудила дело о взыскании алиментов с мужчины, имеющего I группу, утверждая, что он отец ребенка. У ребенка I группа крови. Какое решение должен вынести суд?
5. Гетерозиготная женщина со II группой крови вышла замуж за гетерозиготного мужчину с III группой крови. Какие группы крови могут иметь их дети?
6. У ребенка II группа крови и отрицательный резус-фактор, а у его отца I группа крови и положительный резус-фактор. Какая группа крови и резус-фактор может быть у матери?

7. Какие группы крови может иметь ребенок, если у отца IV группа крови и положительный резус-фактор, а у матери I группа крови и отрицательный резус-фактор?
8. У мальчика IV группа крови и положительный резус-фактор, а у его брата I группа крови и отрицательный резус-фактор. Каковы генотипы крови у родителей?
9. У матери I группа крови, у отца IV группа крови. Могут ли дети унаследовать группу крови одного из родителей?
10. У мальчика I группа крови, а у его сестры IV. Определите группы крови родителей.
11. Мать со II группой крови имеет ребенка с I группой крови. Установите возможные группы крови отца.
12. Сколько групп крови может быть у детей, рожденных в браке гетерозиготной женщины с III группой крови и гетерозиготного мужчины с III группой крови.
13. В браке женщины с IV группой крови и мужчины с I группой крови были рождены дети. С какой вероятностью дети могут унаследовать группу крови отца?
14. В браке женщины с I группой крови и мужчины с III группой крови были рождены дети. С какой вероятностью дети могут унаследовать группу крови матери?
15. В браке гомозиготной матери с II группой крови и гомозиготного отца с III группой крови родился ребенок. С какой группой крови мог родиться ребенок?

Дигибридное скрещивание

Дигибридное скрещивание – скрещивание, при котором *наследуются два аллельных признака, которые кодируются генами, расположенными в разных парах гомологичных хромосом.* При решении задач по дигибридному скрещиванию необходимо руководствоваться *третьим законом Менделя.*

При скрещивании двух гетерозиготных организмов для определения генотипов потомков необходимо использовать *решетку Пеннета*.

Дано:
А – желтая окраска
а – зеленая окраска
В – гладкая форма
в – морщинистая форма

Решение:
P: ♀ АаВв (желтая окраска, гладкая форма) x ♂ АаВв (желтая окраска, гладкая форма)
G: АВ, Ав, аВ, ав — АВ, Ав, аВ, ав
F_1:

	АВ	Ав	аВ	ав
АВ	ААВВ желтая окраска гладкая форма	ААВв желтая окраска гладкая форма	АаВВ желтая окраска гладкая форма	АаВв желтая окраска гладкая форма
Ав	ААВв желтая окраска гладкая форма	ААвв желтая окраска морщинистая форма	АаВв желтая окраска гладкая форма	Аавв желтая окраска морщинистая форма
аВ	АаВВ желтая окраска гладкая форма	АаВв желтая окраска гладкая форма	ааВВ зеленая окраска гладкая форма	ааВв зеленая окраска гладкая форма
ав	АаВв желтая окраска гладкая форма	Аавв желтая окраска морщинистая форма	ааВв зеленая окраска гладкая форма	аавв зеленая окраска морщинистая форма

Пример задачи. *У дрозофилы серая окраска тела и наличие щетинок – доминантные признаки, которые наследуются независимо. Какое потомство следует ожидать от скрещивания желтой самки без щетинок с гетерозиготным по обоим признакам самцом?*

Решение

Известно, что *серая окраска (А) – доминантный признак, а желтая окраска (а) – рецессивный. Наличие щетинок (В) – доминантный признак, а отсутствие щетинок (в) – рецессивный. Генотип желтой самки без щети-*

нок – аавв, а *генотип дигетерозиготного самца – АаВв*. Важно отметить, что *гаметы должны включать в себя два аллельных признака* (АВ, Ав, аВ, ав).

Дано:	Решение:
А – серая окраска а – желтая окраска В – наличие щетинок в – отсутствие щетинов	Р: ♀ аавв х ♂ АаВв желтая окраска серая окраска отсутствие щетинок наличие щетинок G: ав АВ Ав аВ ав F_1: АаВв – серая окраска, наличие щетинок, Аавв – серая окраска, отсутствие щетинок, ааВв – желтая окраска, наличие щетинок, аавв – желтая окраска, отсутствие щетинок.

Задачи для тренировки

1. Альбинизм и леворукость – рецессивные признаки, которые наследуются независимо. Какие генотипы могут быть у праворуких родителей с нормальной пигментацией кожи, если известно, что у них родился альбинос-левша?
2. Близорукость и голубые глаза – рецессивные признаки. С какой вероятностью может родиться ребенок с карими глазами и нормальным зрением у матери с голубыми глазами и плохим зрением и гомозиготного отца с карими глазами и нормальным зрением?
3. У голубоглазого темноволосого отца и кареглазой светловолосой матери родилось четверо детей. Все потомки отличаются по цвету волос и глаз. Каковы генотипы родителей?
4. Тыкву с желтыми плодами дисковидной формы скрестили с тыквой с белыми плодами шаровидной формы. Плоды всех потомков имеют белую окраску и дисковидную форму. Какие признаки доминируют? Каковы генотипы родительских организмов и потомков?
5. Черная шерсть доминирует над коричневой, а короткая – над длинной. Обе пары генов находятся в разных хромосомах. Охотник купил черную собаку с короткой шерстью. Какого партнера по скрещиванию

охотнику нужно подобраться, чтобы убедиться в чистоте породы собаки?

6. Гороховидный гребень доминирует над листовидным, а оперенные ноги над голыми. При скрещивании курицы с листовидными гребнем и оперенными ногами и петуха, имеющего гороховидный гребень и голые ноги, было получено потомство с гороховидным гребнем и оперенными ногами (60 особей), с гороховидным гребнем и голыми ногами (70 особей), с листовидным гребнем и оперенными ногами (62 особи), с листовидным гребнем и голыми ногами (65 особей). Установите генотипы родителей и потомков.
7. Пурпурная окраска цветков и колючие семенные коробочки – доминантные признаки. От скрещивания дурмана с пурпурными цветками и гладкими коробочками и дурмана с белыми цветками и колючими коробочками было получено потомство со следующими фенотипами: 307 растений с пурпурными цветками и колючими коробочками и 412 растений с пурпурными цветками и гладкими коробочками. Каковы генотипы исходных организмов и потомства?
8. Гигантизм и позднеспелость – рецессивные признаки. Гены обоих признаков расположены в разных аутосомах. При скрещивании двух раннеспелых растений нормального роста было получено около 24000 особей (около 6000 особей гиганты и около 6000 позднеспелые). Определите, сколько было получено позднеспелых растений-гигантов.
9. Красный цвет и пушистые плоды – доминантные признаки. Сколько может получиться растений с желтыми пушистыми плодами, если известно, что родители были дигетерозиготами?
10. Глухота и болезнь Вильсона (нарушение обмена меди) – рецессивные признаки. С какой вероятностью может родиться здоровый ребенок у матери с болезнью Вильсона и глухого отца?

11. Полидактия и отсутствие малых коренных зубов – доминантные признаки. С какой вероятностью может родиться полностью здоровый ребенок у дигетерозиготных родителей?
12. Нормальная длина пальцев и альбинизм – рецессивные признаки. С какой вероятностью может родиться ребенок с двумя аномалиями у дигетерозиготных родителей?
13. Темные волосы и наличие веснушек – доминантные признаки. В результате брака темноволосого мужчины без веснушек и светловолосой женщины с веснушками родился светловолосый мальчик без веснушек. С какой вероятностью может родиться темноволосый ребенок с веснушками?
14. При скрещивании растения с белыми блюдцеобразными цветками и растения с кремовыми воронкообразными цветками были получены особи с белыми блюдцевидными цветками. При скрещивании гибридов были получены растения с белыми блюдцевидными, с белыми воронковидными, с кремовыми блюдцеобразными и кремовыми воронкообразными цветками в соотношении по фенотипам 9:3:3:1 соответственно. Каковы генотипы исходных растений?
15. У львиного зева красная окраска цветка неполно доминирует над белой. Нормальная форма цветка полностью доминирует над пилорической. Какое потомство получится от скрещивания двух дигетерозигот?

Сцепленное наследование

Одна хромосома кодирует множество признаков. Наследование признаков, *гены которых находятся в одной паре гомологичных хромосом, называется сцепленным наследованием* (закон Моргана). *Гены, которые находятся в одной хромосоме, создают группу сцепления.* В данном типе задач необходимо учитывать образование кроссоверных гамет и то, что аллельные доминантные и рецессивные могут находиться в разных хромосомах или в одной.

В результате скрещивания при кроссинговере образуется *небольшое количество кроссоверных гамет и большое количество некроссоверных гамет.* Например, из 200 особей кроссоверные гаметы могут образовывать 40 особей, а остальные 160 организмов формируются некроссоверными гаметами.

Пример задачи. *Катаракта (А) и полидактия (В) – доминантные аллели двух генов, которые находятся в одной паре аутосом. Женщина, мать которой страдала от катаракты, а отец от полидактилии, вышла замуж за здорового мужчину. Дети с какими фенотипами могут родиться в результате этого брака? Кроссинговер отсутствует.*

Решение

У здорового мужчины генотип – аавв. Если известно, что *мать и отец женщины страдали от названных заболеваний, значит, ее генотип АаВв.* Но важно отметить, что у женщины может образоваться только *два типа гамет – Ав и аВ.* Это связано с тем, *одно заболевание женщина получила от матери, а другое от отца.* Значит, в одной хромосоме находится ген катаракты, а в другой – ген полидактии. По условию задачи известно, что *кроссинговер не происходит, поэтому другие гаметы не образуются.*

Дано:	Решение:
А – катаракта а – отсутствие катаракты В – полидактия	Р: ♀ АаВв (катаракта полидактия) х ♂ аавв (отсутствие катаракты нормальное количество пальцев) G: Ав ав

в – нормальное количество пальцев	aB F_1: Аавв – катаракта, нормальное количество пальцев, ааВв – отсутствие катаракты, полидактия.

Задачи для тренировки

1. Катаракта и элиптоцитоз – доминантные гены, находящиеся в одной аутосоме. Определите вероятные фенотипы и генотипы детей от брака дигетерозиготной женщины и здорового мужчины. Кроссинговер отсутствует.
2. Высокий рост и гладкий эндосперм – доминантные признаки. При скрещивании двух растений было получено 200 высоких растений с гладким эндоспермом, 10 высоких растений с шероховатым эндоспермом, 9 низких растений с гладким эндоспермом, 205 низких растений с шероховатым эндоспермом. Определите генотипы исходных растений.
3. Гладкая форма семян и окрашенные семена – доминантные признаки. При скрещивании растения с гладкими окрашенными семенами и растения с морщинистыми неокрашенными семенами было получено 4186 особей с гладкими окрашенными семенами, 162 особи с морщинистыми окрашенными семенами, 148 особи с гладкими неокрашенными семенами и 4206 особи с морщинистыми неокрашенными семенами. Определите тип наследования (сцепленное или независимое).
4. При анализирующем скрешивании дигетерозиготного организма у потомства произошло расщепление генотипов в соотношении: 42,4% - АаВв, 6,9% - Аавв, 7% - ааВв, 43,7% - аавв. Как наследуются гены?
5. Какое количество фенотипов может быть получено при анализирующем скрещивании дигетерозиготного организма при полном доминировании и полном сцеплении генов?

6. Какое количество генотипов может быть получено при скрещивании двух дигетерозиготных организмов при полном доминировании и полном сцеплении генов?
7. Какое количество фенотипов может быть получено при скрещивании двух организмов с генотипами АаВв и ААвв при полном доминировании и полном сцеплении генов?
8. Скрестили гомозиготных самок дрозофил с черным телом, укороченными крыльями и дигетерозиготных самцов, полученных от скрещивания чистых линий мух с черным телом, укороченными крыльями и с серым телом, нормальными крыльями. В результате получили мух с серым телом, нормальными крыльями и мух с черным телом, укороченными крыльями в соотношении 1:1. Определите генотипы и фенотипы родителей и потомства во всех поколениях.
9. Гены окраски тела и формы крыльев находятся в одной хромосоме. Скрещивали самку с укороченными крыльями с черной окраской тела и самца с длинными крыльями и коричневой окраской тела; все полученные гибриды F_1 имели длинные крылья и черную окраску тела. Получившихся в первом поколении самцов скрестили с исходной родительской особью. В потомстве получилось расщепление по фенотипу и генотипу в отношении 1:1. Определите генотипы родительских особей, генотипы и фенотипы потомков.
10. При скрещивании дигомозиготной особи с белой окраской шерсти и короткими крыльями и дигомозиготной особи с коричневой окраской шерсти и длинными крыльями были получены дигетерозиготные организмы. Полученного самца скрестили с дигомозиготной самкой с коричневой окраской шерсти и длинными крыльями. В результате были получены особи с белой окраской шерсти и короткими крыльями и особи с коричневой окраской шерсти и длинными крыльями в соотношении 1:1. Определите генотипы и фенотипы родителей и потомков.

11. При скрещивании растения кукурузы с нормальными листьями и карликовым ростом и растения со скрученными листьями и нормальным ростом все потомство получилось с нормальными листьями и нормальным ростом. В анализирующем скрещивании гибридного потомства образовалось четыре разные фенотипические группы: 122, 116, 33, 31. Определите генотипы и фенотипы родителей и потомства.
12. У человека между аллелями генов отсутствия потовых желез и дальтонизма происходит кроссинговер. Здоровая женщина (у матери был дальтонизм, у отца отсутствовали потовые железы) вышла замуж за мужчину-дальтоника, имеющего потовые железы. Родившаяся в этом браке моногомозиготная здоровая дочь вышла замуж за здорового мужчину. В семье родился дальтоник. Определите генотипы, фенотипы родителей, а также генотипы и фенотипы потомков.
13. У человека между аллелями генов дальтонизма и гемофилии происходит кроссинговер. Дигетерозиготная по генам дальтонизма и гемофилии женщина вышла замуж за здорового мужчину. В семье родился здоровый сын. Он женился на женщине-дальтонике, являющейся носительницей гемофилии. Составьте схемы решения задачи.
14. У человека между аллелями генов куриной слепоты и гемофилии происходит кроссинговер. Здоровая женщина (у ее отца была гемофилия, а у дигомозиготной матери – куриная слепота) вышла замуж за здорового мужчину. В браке родилась моногомозиготная здоровая дочь. Она вышла замуж за здорового мужчину. В результате их брака родился гемофилик. Составьте схемы решения задачи.
15. При скрещивании гетерозиготной мухи с красными глазами и нормальными крыльями и мухи с пурпурными глазами и короткими крыльями получили: 1109 красноглазых мух с длинными крыльями, 1140 красноглазых мух с короткими крыльями, 1122 пурпурноглазых мух с длинными крыльям, 1160 пурпурноглазых мух с коротки-

ми крыльями. Какие гены являются доминантными, а какие – рецессивными?

Наследование генов, локализованных в половых хромосомах

У женщины генотип XX, а у мужчины – XY. Женщины образуют только один тип гамет (X), а мужчины – два типа гамет (X и Y). Но следует учитывать, что *у некоторых животных у самки генотип XY, а у самца – XX.* О генотипах самки и самца, как правило, указывают в условии задачи.

X-хромосомы и Y-хромосомы не гомологичны друг другу. При скрещивании самка всегда передает одну из своих X-хромосому сыну и дочери, а отец передает X-хромосому дочери, а Y-хромосому – сыну. *Рецессивные гены, расположенные в X-хромосомах, всегда проявляются у мужчин. Чтобы данный признак проявился у женщины, он должен быть в гомозиготном состоянии.*

Большинство генов локализовано в X-хромосоме, но в редких случаях могут находиться в Y-хромосоме. Данные задачи связаны с наследованием одного или двух признаков. *Схемы скрещивания схожи с моно- и дигибридным скрещиванием, но отличаются написанием X и Y-хромосом.*

Пример задачи. *Гемофилия (а) – рецессивный признак, сцепленный с X-хромосомой. Мужчина-гемофилик, женился на здоровой гомозиготной женщине. У них родилась здоровая девочка. Опередите вероятность рождения гемофилика от брака получившейся дочери и здорового мужчины.*

Решение

Генотип мужчины-гемофилика – X^aY. Генотип здоровой гомозиготной женщины – X^AX^A. Образование гамет и формирование генотипов потомков схоже с моногибридным скрещиванием. В результате этого брака рождается *дочь с генотипом X^AX^a, которая выходит замуж за здорового мужчину с генотипом X^AY.*

Дано: X^A – нормальная свертываемость крови X^a – гемофилия	Решение: 1. P: ♀ X^AX^A (нормальная свертываемость крови) x ♂ X^aY (гемофилия) G: X^A ; X^a, Y F_1: X^AX^a – женский организм, нормальная свертываемость крови,

	X^AY – мужской организм, нормальная свертываемость крови. 2. P: ♀ X^AX^a x ♂ X^AY нормальная свертываемость крови нормальная свертываемость крови G: X^A X^A X^a Y F_1: X^AX^A – женский организм, нормальная свертываемость крови, X^AY – мужской организм, нормальная свертываемость крови, X^AX^a – женский организм, нормальная свертываемость крови, X^aY – мужской организм, гемофилия. Во втором браке ребенок с гемофилией (X^aY) может родиться с вероятностью 25%.

Задачи для тренировки

1. Красные глаза – доминантный признак, локализованный в Х-хромосоме. Белоглазая самка дрозофилы скрещивалась с красноглазым самцом. Какой цвет глаз у потомков?
2. Дальтонизм – рецессивный признак, локализованный в Х-хромосоме. Женщина с нормальным зрением (ее отец был дальтоником) вышла замуж за мужчину с нормальным зрением. Определите генотипы и фенотипы родителей и потомков.
3. Потемнение зубов – доминантный признак, сцепленный с Х-хромосомой. У родителей с темными зубами родилась дочь с темными зубами и сын со светлыми зубами. Определите генотипы и фенотипы родителей и потомков.
4. Перепончатопалость – рецессивный признак, сцепленный с Y-хромосомой. В браке нормальной женщины и перепончатопалого мужчины были рождены дочь и сын. С какой вероятностью в семье могла родиться девочка с перепончатопалостью?
5. Черная шерсть – доминантный признак, а рыжая – рецессивный. Гетерозиготный организм имеет черепаховую окраску шерсти. Черная кошка принесла котят, у одного из которых черепаховая окраска шерсти, а у трех – черная. Какой пол и генотип котят?

6. Гемофилия и дальтонизм – рецессивные гены, сцепленные с Х-хромосомами. Женщина с дальтонизмом (гомозиготна по признаку отсутствия гемофилии) вышла замуж за мужчину-гемофилика. Определите генотипы и фенотипы потомства.
7. Облысение – признак, являющийся доминантным у мужчин и рецессивным у женщин. Признак кодируется аутосомным геном. Облысевший мужчина (гетерозиготный по гену лысости) женился на женщине с нормальными волосами, мать которой была лысой. Определите возможные генотипы потомства.
8. Аллели генов атрофии зрительного нерва и куриной слепоты находятся в одной хромосоме и являются сцепленными с полом. В браке здоровой женщины (мать женщины страдала от атрофии зрительного нерва, а отец – от куриной слепоты) и здорового мужчины родилась гомозиготная здоровая дочь. Она вышла замуж за здорового мужчину и в их браке родился ребенок, страдающий от атрофии зрительного нерва. Определите генотипы и фенотипы родителей, а также генотипы, фенотипы и пол возможного потомства.
9. Аллели генов мышечной дистрофии и атрофии зрительного нерва находятся в одной хромосоме и являются сцепленными с полом. В браке здоровой женщины (мать женщины страдала от атрофии зрительного нерва, а отец – от мышечной дистрофии) и здорового мужчины родилась гомозиготная здоровая дочь. Она вышла замуж за здорового мужчину и в их браке родился ребенок, страдающий от атрофии зрительного нерва. Определите генотипы и фенотипы родителей, а также генотипы, фенотипы и пол возможного потомства.
10. У человека аллели генов куриной слепоты (ночной слепоты) и ихтиоза (заболевание кожи) находятся в одной хромосоме и наследуются сцеплено с полом. Женщина, не имеющая этих заболеваний (у матери был ихтиоз, а у отца – куриная слепота), вышла замуж за здорового мужчину. Родившаяся в этом браке гомозиготная здоро-

вая дочь вышла замуж за мужчину, не имеющего этих заболеваний. В их семье родился ребенок, страдающий ихтиозом. Определите генотипы, фенотипы родителей и возможного потомства в двух браках.

11. У человека аллели генов мышечной дистрофии и куриной слепоты находятся в одной хромосоме и наследуются сцеплено с полом. Женщина, не имеющая этих заболеваний (у матери была куриная слепота, а у отца – мышечная дистрофия), вышла замуж за мужчину без этих заболеваний. Родившаяся в этом браке гомозиготная здоровая дочь вышла замуж за мужчину, не имеющего этих заболеваний. В их семье родился ребенок с куриной слепотой. Определите генотипы, фенотипы родителей и генотипы, фенотипы, пол возможного потомства в двух браках.
12. У родителей, имеющих нормальное зрение, родились две дочери с нормальным зрением, а сын – дальтоник. Определите генотипы родителей?
13. Гемофилия – рецессивный ген, сцепленный с Х-хромосомой. Мать и отец здоровы. Их единственный ребенок страдает гемофилией. Кто из родителей передал ребенку ген гемофилии?
14. Альбинизм и гемофилия – рецессивные гены, сцепленные с Х-хромосомой. Женщина-альбинос вышла замуж за мужчину-гемофилика. В остальном у них благополучные генотипы. Какие фенотипы и генотипы могут быть у потомков?
15. Мужчина-гемофилик женился на здоровой женщине, отец которой болел гемофилией. Каковы генотипы мужа и жены?

Задачи первой части ЕГЭ

В первой части ЕГЭ по биологии в задании №4 встречаются генетические задачи. Они связаны с *моно- и дигибридным скрещиванием и неполным доминированием.* В ответе чаще всего необходимо указывать *расщепление по фенотипу или генотипу или количество фенотипов и генотипов.*

Генетические задачи единого государственного экзамена по биологии подразделяются на несколько типов, каждый из которых отличается способом решения.

I. Моногибридное скрещивание

Пример задачи. *Определите вероятность (в процентах) получения рецессивных гомозиготных организмов при скрещивании гетерозиготных особей. Ответ запишите в виде числа.*

Решение

Решение:
P: ♀ Aa x ♂ Aa
G: A A
a a
F_1: AA, Aa, Aa, aa

Из четырех особей только одна является гомозиготной, что составляет 25% от общего числа потомков.

Ответ: 25.

Пример задачи. *Определите соотношение фенотипов у потомков при моногибридном скрещивании двух гетерозиготных организмов при полном доминировании. Ответ запишите в виде последовательности цифр, показывающих соотношение получившихся фенотипов, в порядке их убывания.*

Решение

Решение:
P: ♀ Aa x ♂ Aa
G: A A
a a
F_1: AA, Aa, Aa, aa

В результате скрещивания наблюдается расщепление по фенотипу 3:1.

Ответ: 31.

Пример задачи. *Нормальное зрение – доминантный признак. Какова вероятность того, что зрячая собака несет ген слепоты, если от скрещивания с такой же собакой, родился один слепой щенок?*

Решение

Дано:	Решение:
А – нормальное зрение а – слепота	Р: ♀ Аа (нормальное зрение) х ♂ Аа (нормальное зрение) G: А, а и А, а F_1: АА, Аа, Аа, аа

В задаче спрашивают: с какой вероятностью у собаки с нормальным зрением есть рецессивный аллель, если у нее родился слепой щенок? В генотипе собаки со 100% вероятностью должен быть рецессивный аллель, т.к. был рожден слепой щенок.

Ответ: 100

Задачи для тренировки

1. Какова вероятность (в процентах) появления гетерозиготного потомка при скрещивании особей с генотипами АА и Аа? Ответ запишите в виде числа.
2. Сколько разных генотипов получится в потомстве при скрещивании черной гетерозиготной самки кролика и белого самца? Ответ запишите в виде числа.
3. Какое соотношение генотипов может получиться у потомков в моногибридном скрещивании двух гетерозиготных растений земляники? Ответ запишите в виде последовательности чисел, показывающих соотношение получившихся генотипов, в порядке убывания.
4. Какова вероятность (в процентах) получения потомства с рецессивным признаком в моногибридном скрещивании двух гетерозиготных особей? В ответе запишите только соответствующее число.
5. Какое соотношение фенотипов в потомстве может получиться при скрещивании гетерозиготных высоких растений гороха при полном доминировании признака? Ответ запишите в виде последовательности чисел, показывающих соотношение получившихся фенотипов, в порядке их убывания.

6. Определите соотношение генотипов у потомков в моногибридном скрещивании гетерозиготных черных кроликов. Ответ запишите в виде последовательности чисел, показывающих соотношение получившихся генотипов, в порядке их убывания.
7. Определите вероятность (в процентах) получения потомков с рецессивным проявлением признака в моногибридном скрещивании гетерозиготных гибридов между собой. Ответ запишите в виде числа.
8. Какое соотношение генотипов у потомков может получиться при самоопылении растения томата, гетерозиготного по признаку формы плодов? Ответ запишите в виде последовательности чисел, показывающих соотношение получившихся генотипов, в порядке их убывания.
9. Какова вероятность (в процентах) рождения гомозиготного потомства при моногибридном скрещивании гомозиготного и гетерозиготного организмов? В ответе запишите целое число.
10. По рисунку определите вероятность (в процентах) появления черных мышей во втором поколении при скрещивании между собой мышей из первого поколения (рис 1). В ответе запишите только соответствующее число.

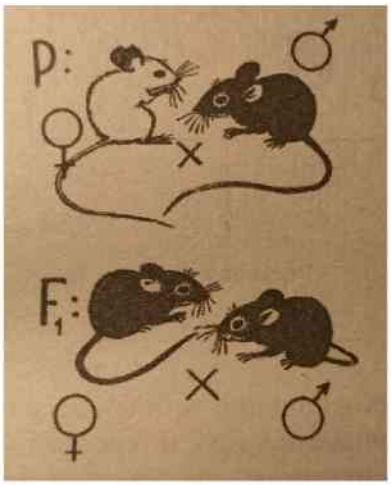


Рисунок 1. Схема скрещивания мышей

II. Неполное доминирование

Пример задачи. *Какой процент особей чалой масти можно получить при скрещивании крупного рогатого скота красной (АА) и белой (аа) масти при неполном доминировании?*

Решение

Решение:
P: ♀ AA x ♂ aa
G: A a
F_1: Aa

В результате скрещивания были получены особи только чалой масти (100%).

Ответ: 100.

Пример задачи. *Определите соотношение генотипов в потомстве при скрещивании гетерозиготных растений ночной красавицы. Ответ запишите в виде последовательности цифр, показывающих соотношение получившихся генотипов, в порядке их убывания.*

Решение

Решение:
P: ♀ Aa x ♂ Aa
G: A A
a a
F_1: AA, Aa, Aa, aa

В данном скрещивании наблюдается расщепление по генотипу 1(АА):2(Аа):1(аа).

Ответ: 211.

Пример задачи. *Определите вероятность проявления (в процентах) доминантного фенотипа у потомка анализирующего скрещивания гетерозиготного организма при неполном доминировании.*

Решение

Решение:
P: ♀ Aa x ♂ aa
G: A a
a
F_1: Aa, aa

В результате скрещивания нет ни одного потомка с доминантным фенотипом (АА).

Ответ: 0.

Задачи для тренировки

1. Определите вероятность (в процентах) получения потомков с промежуточным проявлением признака в моногибридном скрещивании гетеро-

зиготных гибридов между собой при неполном доминировании признака. Ответ запишите в виде числа.

2. У душистого горошка признак «красная окраска венчика» неполно доминирует над признаком «белая окраска венчика». Сколько разных фенотипов получится при скрещивании растения с красным венчиком с растением, имеющим белый венчик? В ответе запишите только число.
3. У андалузских кур курчавое оперение неполно доминирует над гладким. Какова вероятность появления потомков со слабокурчавым оперением при скрещивании курицы с гладким оперением со слабокурчавым петухом? В ответе запишите только соответствующее число.
4. Какова вероятность (в процентах) появления андалузских кур с голубым оперением при скрещивании черной курицы с белым петухом (неполное доминирование)? В ответе запишите только число.
5. Сколько фенотипов может образоваться при скрещивании двух гетерозиготных организмов с овальными плодами при неполном доминировании? В ответе запишите число фенотипов.
6. В каком соотношении расщепляются фенотипы при скрешивании гетерозиготных особей с розовыми плодами (признак доминирует не полностью). Ответ запишите в виде последовательности цифр.
7. Как могут расщепиться генотипы потомков при моногибридном скрещивании двух гетерозиготных тушканчиков (неполное доминирование). Ответ запишите в виде последовательности цифр в порядке убывания.
8. С какой вероятностью (в процентах) может родиться потомок с промежуточным проявлением признака при скрещивании гетерозиготных особей? Ответ запишите в виде соответствующего числа.
9. Нормальная форма чашечки земляники – доминантный признак, а листовидная – рецессивный. Гетерозиготные организмы обладают промежуточным проявлением признака. С какой вероятностью (в процентах) при скрещивании особи с нормальной формой чашечки и особи с лис-

товидной формой чашечки может появиться организмы с промежуточным проявлением признака?

10. При скрещивании петуха и курицы родились 30 пестрых, 15 черных и 15 белых цыплят. С какой вероятностью (в процентах) у одной из родительских особей может быть генотип Аа?

III. Y-сцепленное наследование

Пример задачи. *Какова вероятность рождения здоровых мальчиков в семье, где мать здорова, а отец болен гипертрихозом – болезнью, обусловленной наличием гена, сцепленного с Y-хромосомой?*

Решение

Решение:
P: ♀ XX x ♂ XY^a
G: X X, Y^a
F_1: XX, XY^a

В результате брака родилась здоровая девочка и мальчик с гипертрихозом. Т.о. здоровый мальчик родиться не может.

Ответ: 0.

Задачи для тренировки

1. Перепончатопалость – рецессивный признак, сцепленный с Y-хромосомой. В каком соотношении могут расщепиться фенотипы потомков от брака перепончатопалого мужчины и нормальной женщины? В ответе запишите последовательность цифр в порядке убывания.
2. Гипертрихоз – признак, сцепленный с Y-хромосомой. С какой вероятностью (в процентах) может родиться ребенок с данной аномалией, если известно, что у отца гипертрихоз?
3. Избыточное оволосение средней фаланги пальцев – признак, сцепленный с Y-хромосомой. С какой вероятностью (в процентах) может родиться ребенок с данной аномалией у двух нормальных родителей?
4. Гипертрихоз – признак, сцепленный с Y-хромосомой. В каком соотношении могут расщепиться фенотипы потомков в браке мужчины с гипертрихозом и нормальной женщины?

5. Ген развития перепонки между вторым и третьим пальцем на ногах локализован в Y-хромосоме. С какой вероятностью (в процентах) может родиться здоровый ребенок в браке мужчины с аномалией и нормальной женщины?
6. Признак наличия перепонки между пальцами ног сцеплен с Y-хромосомой. С какой вероятностью (в процентах) данная аномалия может появиться у женщины?
7. Ген избыточного оволосения ушной раковины локализован в Y-хромосоме. С какой вероятностью у двух нормальных родителей может родиться ребенок с аномалией?
8. Ген гипертрихоза сцеплен с Y-хромосомой. С какой вероятностью (в процентах) данная аномалия может появиться у женщины?
9. Признак наличия перепонки между пальцами ног сцеплен с Y-хромосомой. С какой вероятностью (в процентах) у отца может быть перепонка между пальцами ног, если известно, у него родился сын без аномалии?
10. Признак наличия перепонки между пальцами ног сцеплен с Y-хромосомой. С какой вероятностью (в процентах) у матери может быть перепонка между пальцами ног, если известно, что у нее родился сын сданной аномалией.

IV. X-сцепленное наследование

Пример задачи. *Какова вероятность (в процентах) рождения ребенка с дальтонизмом при вступлении в брак женщины – носительницы дальтонизма и мужчины с нормальным восприятием цвета?*

Решение

Дано: A – нормальное зрение a – дальтонизм	Решение: P: ♀ X^AX^a x ♂ X^AY нормальное зрение нормальное зрение G: X^A X^A X^a Y F_1: X^AX^A, X^AX^a, X^AY, X^aY

В результате брака родился только один ребенок (25%) из четырех страдает дальтонизмом (X^aY).

Ответ: 25.

Задачи для тренировки

1. Определите соотношение фенотипов у потомков от скрещивания самок дрозофил с желтым телом (а) и самцов с серым телом. Ген, определяющий цвет тела, находится в Х-хромосоме. Ответ запишите в виде последовательности цифр.
2. Какова вероятность (в процентах) рождения детей с нормальным зрением у родителей, если мать абсолютно здорова, а у отца атрофия зрительного нерва (признак рецессивный, сцеплен с Х-хромосомой)? В ответе запишите только число.
3. Определите вероятность (в процентах) появления коричневых самцов при скрещивании канарейки (самца) с коричневым оперением и гомозиготного зеленого самки (доминантный признак). Ген окраски оперения локализован в Х-хромосоме. Ответ запишите в виде числа.
4. У кошек признаки черной и рыжей шерсти сцеплены с Х-хромосомой. Черная окраска неполностью доминирует над рыжей, поэтому у гетерозиготных особей черепаховая окраска. С какой вероятностью может родиться черный котенок при скрешивании кошки с черепаховой окраской и кота с рыжей шерстью? В ответ запишите соответствующее число.
5. Сколько гамет образует белоглазый самец дрозофилы, если признак цвета глаз сцеплен с полом. В ответе запишите соответствующее число.
6. С какой вероятностью (в процентах) при скрешивании двух особей с генотипом X^AX^a и X^aY родится организм с рецессивным признаком. В ответ запишите соответствующее число.
7. Белые глаза – рецессивный признак, сцепленный с Х-хромосомой. С какой вероятностью (в процентах) может родиться особь с красными

глазами при скрещивании белоглазой самки с красноглазым самцом? В ответе запишите соответствующее число.

8. Отсутствие потовых желез – рецессивный признак, сцепленный с Х-хромосомой. Мужчина с данной патологией женился на здоровой гомозиготной женщине. С какой вероятностью (в процентах) в этом браке может родиться ребенок без потовых желез?
9. Дальтонизм – рецессивный ген, расположенный в Х-хромосоме. Женщина с нормальным зрением (ее отец был дальтоником) вышла замуж за мужчину с нормальным зрением. В каком соотношении могут расщепиться фенотипы потомков в результате брака? В ответ запишите последовательность цифр в порядке убывания.
10. Потемнение зубов – доминантный признак, сцепленный с Х-хромосомой. У родителей с темными зубами родилась дочь с темными зубами и сын с белыми зубами. С какой вероятностью в этой семье могут родиться дети с белыми зубами?

V. Летальный ген

Пример задачи. *Гомозиготные доминантные серые овцы при переходе на грубые корма гибнут, а гетерозиготные выживают. Определите, какой процент серых жизнеспособных особей родится при скрещивании серой овцы и черного барана.*

Решение

Дано:	Решение:
АА – серые нежизнеспособные особи Аа – серые жизнеспособные особи аа – черные особи	P: ♀ Аа x ♂ аа серая жизнеспособная особь, черная особь G: A, a a F_1: Аа, аа

Половина потомков (50%) – серые жизнеспособные особи.

Ответ: 50.

Задачи для тренировки

1. Определите соотношение генотипов у потомков при скрещивании двух гетерозиготных хохлатых уток (полное доминирование, доминантные гомозиготы погибают). Ответ запишите в виде последовательности цифр, в порядке их убывания.
2. У уток хохлатость доминирует над отсутствием хохла. Гомозиготные доминантные особи гибнут на эмбриональной стадии. Сколько жизнеспособных утят рождается при скрещивании гетерозиготной хохлатой утки с селезнем без хохла? В ответе запишите соответствующее число.
3. Анемия – аутосомный доминантный признак. Какова вероятность гибели ребенка, родившегося в результате брака гомозиготных по рецессивному признаку родителей?
4. Доминантный аллель в гомозиготном состоянии летален. Определите фенотипическое расщепление потомков при скрещивании двух гетерозигот. Ответ запишите в виде последовательности цифр в порядке убывания.
5. Серебристая шерсть – доминантный признак, а коричневая – рецессивный. Доминантная аллель в гомозиготном состоянии вызывает гибель организма. В каком соотношении происходит расщепление потомков по фенотипу при скрещивании двух серебристых норок. Ответ запишите в виде последовательности цифр в порядке убывания.
6. Ген серой шерсти в гомозиготном состоянии летален. В каком соотношении могут расщепиться генотипы при скрещивании двух гетерозиготных серых особей. В ответ запишите соответствующую последовательность цифр в порядке убывания.
7. Скрученные крылья у мух – доминантный признак. Доминантные гомозиготные организмы погибают на эмбриональной стадии. В каком соотношении могут расщепляться фенотипы при скрещивании двух гетерозиготных мух? Ответ запишите в виде последовательности цифр в порядке убывания.

8. Укороченные ноги куриц – доминантный признак. Гомозиготные по доминантному признаку особи не могут вылупиться из яйца и погибают. В инкубаторе хозяйства, разводящего только коротконогих кур, получено 3000 цыплят. Сколько среди них было коротконогих?
9. У мышей ген короткохвостости в доминантном состоянии является летальным. У гетерозиготных особей хвосты короче, чем у нормальных особей. В каком соотношении расщепляются фенотипы потомков при скрещивании длиннохвостых и короткохвостых мышей? В ответе запишите последовательность цифр в порядке убывания.
10. Черная окраска – доминантный признак, желтая окраска – рецессивный признак. Гомозиготный по доминантному признаку организм погибает на эмбриональной стадии. Сколько особей (в процентах) погибает при скрещивании черной и желтой мыши?

VI. Дигибридное скрещивание

Пример задачи. *Сколько генотипов получится у потомства при скрещивании дигомозиготного по доминантным аллелям и дигомозиготного по рецессивным аллелям организмов? Ответ запишите в виде числа.*

Решение

Решение:
P: ♀ AABB x ♂ aabb
G: AB ab
F_1: AaBb

В результате скрешивания образовался только один генотип.

Ответ: 1.

Задачи для тренировки

1. Сколько генотипов получится у потомства при скрещивании дигомозиготного по доминантным алеллям и дигомозиготного по рецессивным алеллям организмов? Ответ запишите в виде числа.
2. Сколько типов гамет образует дигомозиготная родительская особь? В ответе запишите только соответствующее число.
3. Определите соотношение фенотипов у потомков при скрещивании дигетерозиготного растения гороха с растением, гомозиготным по рецес-

сивным признакам. Гены двух признаков расположены в разных парах хромосом. Ответ запишите в виде последовательности цифр, показывающих соотношение получившихся фенотипов.

4. Определите вероятность (в процентах) появления рецессивной дигомозиготы в потомстве от анализирующего скрещивания дигетерозиготного растения при полном доминировании и независимом наследовании признака. Ответ запишите в виде числа.
5. Определите соотношение фенотипов у потомков при дигибридном скрещивании двух дигетерозиготных организмов при полном доминировании и сцеплении генов. Ответ запишите в виде последовательности цифр, в порядке их убывания.
6. Сколько гамет образует особь с генотипом СсВв, если гены наследуются сцепленно?
7. Определите соотношение фенотипов у потомков при скрещивании дигетерозигот. Ответ запишите в виде последовательности цифр, показывающих соотношение получившихся фенотипов, в порядке убывания.
8. С какой вероятностью (в процентах) может родиться рецессивный дигомозиготный организм при скрещивании одного родителя с генотипом АаВв и другого родителя с генотипом Аавв?
9. У голубоглазой близорукой женщины и кареглазого мужчины с нормальным зрением родился голубоглазый ребенок с нормальным зрением. Близорукость и кареглазость – доминантные признаки. С какой вероятностью (в процентах) в этой семье может родиться голубоглазый близорукий ребенок? Запишите ответ в виде числа.
10. Сколько фенотипов может образоваться при скрещивании дигомозиготных пятнистых короткошерстных кроликов с однотонными длинношерстными крольчихами. Пятнистая и короткая шерсть – доминантные признаки. Ответ запишите в виде соответствующего числа.

VII. Анализирующее скрещивание

Пример задачи. *Определите соотношение фенотипов у потомков при анализирующем скрещивании дигетерозиготного организма при полном доминировании и независимом наследовании генов. Ответ запишите в виде последовательности цифр, расположенных в порядке убывания.*

Решение

Решение:
P: ♀ АаВв х ♂ аавв
G: АВ ав
Ав
аВ
ав
F_1: АаВв, Аавв, ааВв, аавв

В результате скрещивания у потомков наблюдается расщепление по фенотипу 1:1:1:1.

Ответ: 1111.

Задачи для тренировки

1. Определите соотношение генотипов у потомков в анализирующем скрещивании дигетерозиготной черной хохлатой курицы при независимом наследовании признаков. Ответ запишите в виде последовательности цифр, показывающих соотношение генотипов.
2. Сколько генотипов может получиться у потомков в анализирующем скрещивании дигетерозиготного овса при независимом наследовании признаков? Ответ запишите в виде числа.
3. Сколько разных фенотипов потомков образуется в анализирующем скрещивании гетерозиготного растения гороха с желтыми семенами? В ответе запишите только количество фенотипов.
4. Определите вероятность получения рецессивных гомозиготных особей в потомстве гетерозиготных растений ночной красавицы с розовой окраской цветков. Ответ запишите в виде числа.
5. Определите соотношение генотипов потомков в анализирующем скрещивании дигетерозиготной самки дрозофилы при независимом насле-

довании. Ответ запишите в виде последовательности цифр, показывающих соотношение получившихся генотипов.

6. Определите соотношение фенотипов потомков в анализирующем скрещивании дигетерозиготной самки мухи дрозофилы при независимом наследовании генов. Ответ запишите в виде последовательности цифр, показывающих соотношение получившихся фенотипов.
7. Определите вероятность (в процентах) получения потомства с дигомозиготным рецессивным генотипом в анализирующем скрещивании дигетерозиготного организма при независимом наследовании признаков. Ответ запишите в виде числа.
8. Определите соотношение генотипов в потомстве, полученном при анализирующем скрещивании, если генотип одного из родителей – ААВв. Ответ запишите в виде последовательности цифр, показывающих соотношение генотипов.
9. Определите соотношение генотипов в потомстве при анализирующем скрещивании, если генотип родительской особи – АаВв при полном доминировании и независимом наследовании признаков. Ответ запишите в виде последовательности цифр, показывающих соотношение получившихся генотипов.
10. Определите соотношение генотипов в потомстве при анализирующем скрещивании, если генотип родительской особи – АаВВ при полном доминировании и независимом наследовании признаков. Ответ запишите в виде последовательности цифр, показывающих соотношение получившихся генотипов.

VIII. Сцепление генов

Пример задачи. *Какое количество генотипов образуется при скрещивании дигетерозиготной особи с дигомозиготным организмом при полном сцеплении генов?*

Решение

Решение: P: ♀ AaBв x ♂ aaвв G: AB ав ав F_1: AaBв, aaвв

В условии задачи отмечено, что аллели наследуются сцепленно. У родителя с генотипом AaBв образуется всего две вариации генов – AB и ав или Ав и aB.

Ответ: 2.

Задачи для тренировки

1. Определите вероятность в процентах проявления доминантного фенотипа по обоим признакам при анализирующем скрещивании дигетерозигот при полном сцеплении генов, если оба доминантных аллеля локализованы в одной аутосоме. Ответ запишите в виде числа.
2. Сколько вариантов кроссоверных гамет образуется у дигетерозиготной особи при полном сцеплении генов? В ответе запишите соответствующее число.
3. Сколько вариантов кроссоверных гамет образуется у дигомозиготной особи при полном сцеплении генов? В ответе запишите соответствующее число.
4. Определите соотношение фенотипов у потомков при скрещивании дигетерозиготной особи с дигомозиготной особью, имеющей фенотипическое проявление рецессивных признаков. Сцепление полное. Ответ запишите в виде последовательности цифр.
5. Между генами B и D наблюдается полное сцепление. Определите соотношение фенотипов в потомстве от анализирующего скрещивания дигетерозиготного организма. Ответ запишите в виде последовательности цифр в порядке убывания.
6. Какое количество фенотипов может быть получено при анализирующем скрещивании дигетерозиготного организма при полном доминировании и полном сцеплении генов?
7. Какое количество фенотипов может быть получено при скрещивании двух дигетерозиготных организмов при полном доминировании и полном сцеплении генов? В ответе запишите количество фенотипов.

8. Какое количество фенотипов может быть получено при скрещивании двух организмов с генотипами АаВв и ААвв при полном доминировании и полном сцеплении генов?
9. Какое количество фенотипов может быть получено при скрещивании двух организмов с генотипами ааВв и ААвв при полном доминировании и полном сцеплении генов?
10. Какое количество фенотипов может быть получено при скрещивании двух организмов с генотипами ААВВ и аавв при полном доминировании и полном сцеплении генов?

IX. Родословные

Пример задачи. *По изображенной родословной человека (рис. 1) определите вероятность (в процентах) рождения в браке, отмеченном цифрой 1, ребенка с признаком, обозначенным черным цветом, при полном его доминировании. В ответе запишите только соответствующее число.*

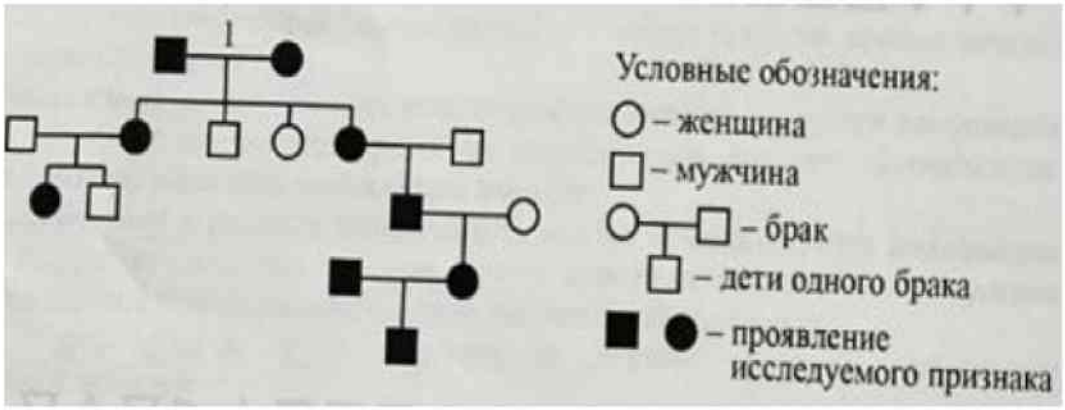


Рисунок 2. Родословная человека

Решение

Дано:	Решение:
А – проявление признака а – непроявление признака	P: ♀ Aa x ♂ Aa G: A A a a F_1: AA, Aa, Aa, aa

У трех из четырех организмов проявляется доминантный признак, что составляет 75%.

Ответ: 75.

Задачи для тренировки

1. По изображенной родословной человека (рис. 3) определите вероятность (в процентах) рождения в браке, отмеченном цифрой 1, ребенка с признаком, обозначенным черным цветом, при полном его доминировании.

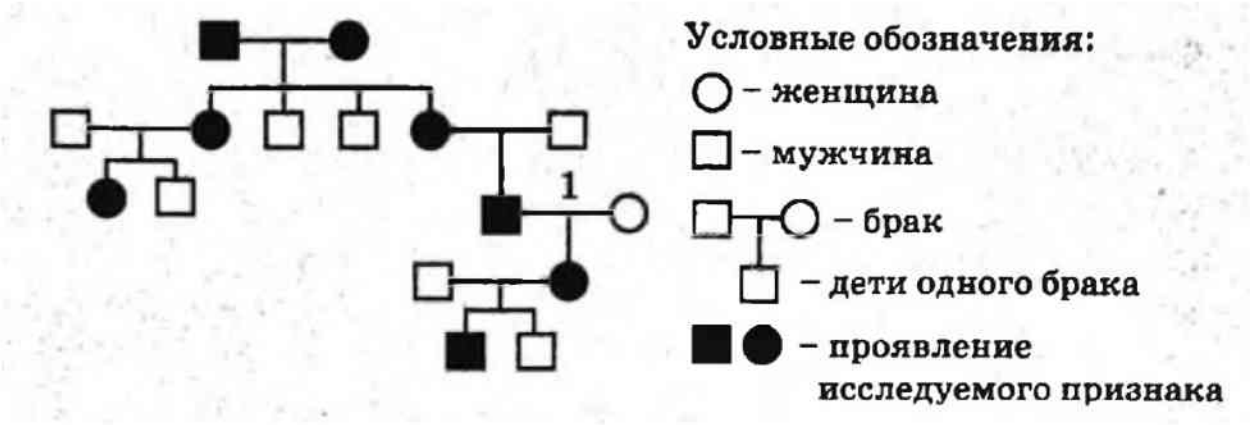


Рисунок 3. Родословная человека

2. По изображенной на рисунке 4 родословной определите, сколько типов гамет образуется у родителя 1. Ответ запишите в виде числа.

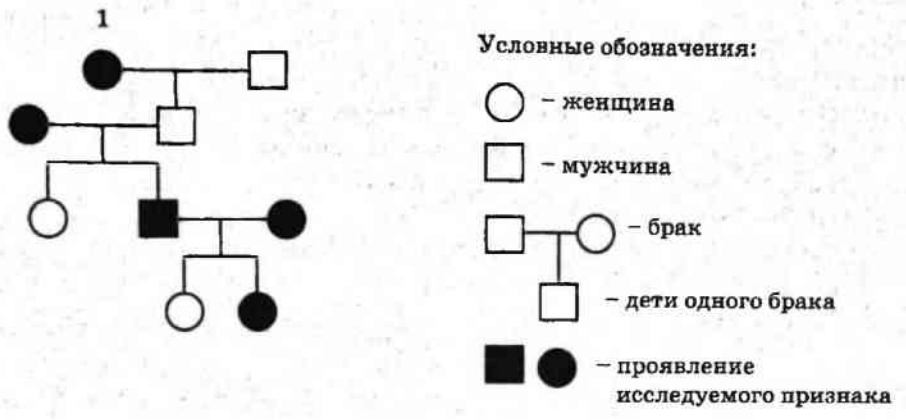


Рисунок 4. Родословная человека

3. По изображенной на рисунке родословной (рис. 5) определите вероятность (в процентах) рождения ребенка с признаком, обозначенным черным цветом, у родителей 1 и 2. Ответ запишите в виде числа.

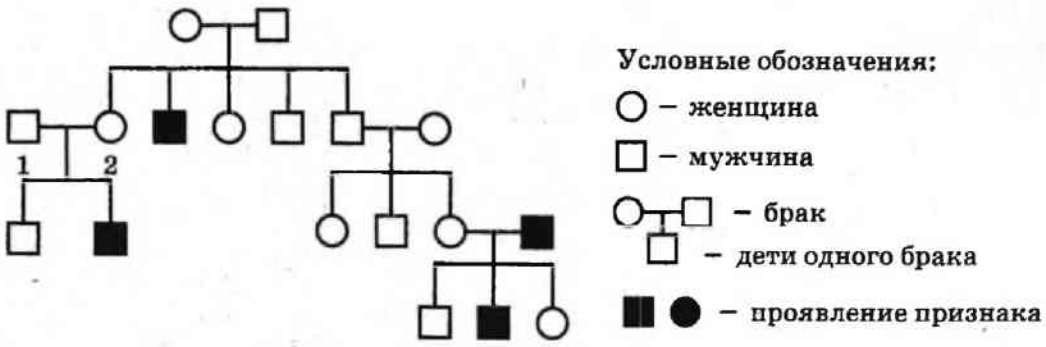


Рисунок 5. Родословная человека

4. По изображенной на рисунке родословной (рис. 6) определите вероятность (в процентах) рождения ребенка с признаком, обозначенным черным цветом у девушки (7), если она выйдет замуж за юношу с таким же генотипом, как у ее деда по материнской линии.

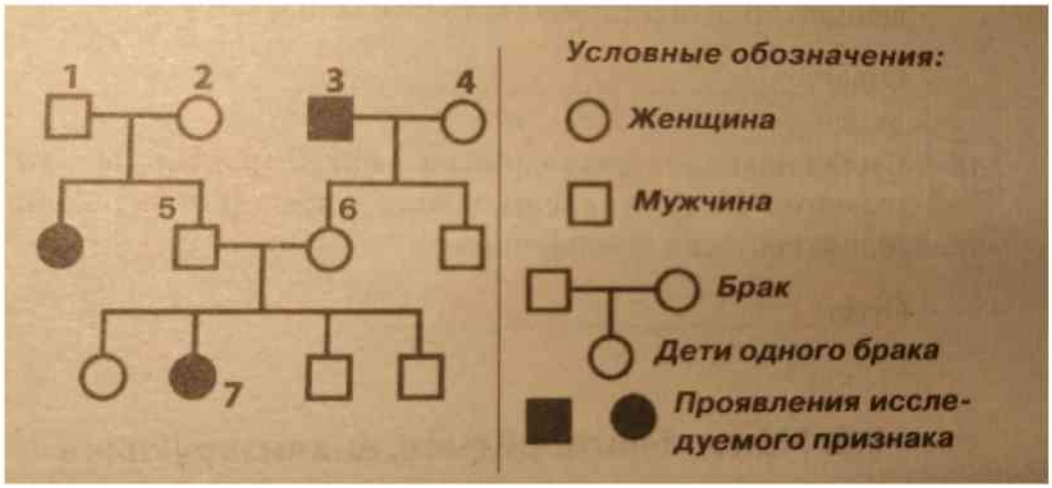


Рисунок 6. Родословная человека

5. По изображенной на рисунке 7 родословной определите вероятность (в процентах) рождения ребенка с признаком, обозначенным черным цветом, у родителей 2 и 6. Ответ запишите в виде числа.

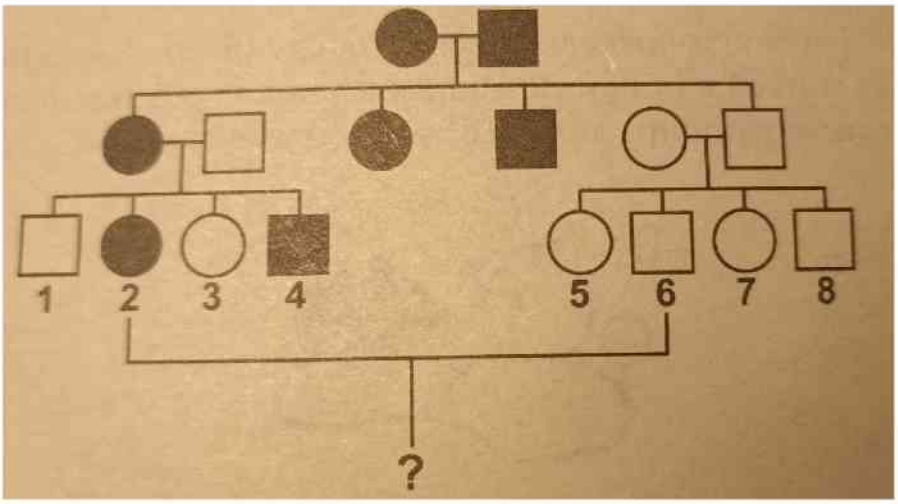


Рисунок 7. Родословная человека

6. По изображенной на рисунке 8 родословной определите вероятность (в процентах) рождения в браке родителей под номерами 1 и 2 ребенка с признаком, обозначенным черным цветом.

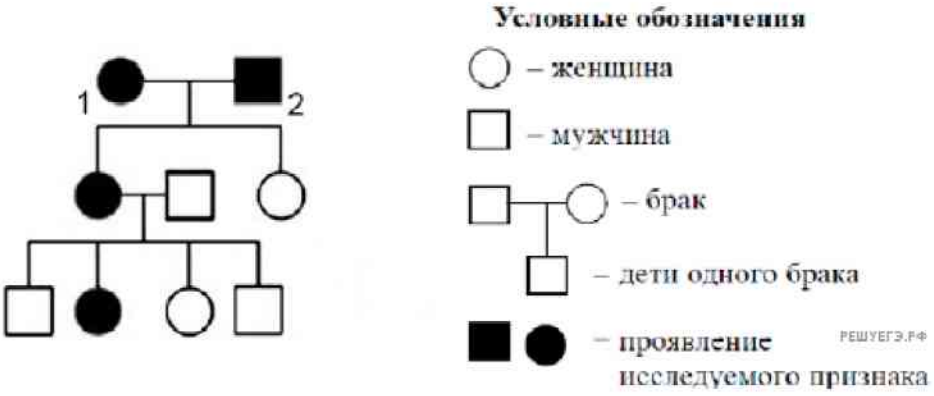


Рисунок 8. Родословная человека

7. По изображенной на рисунке 9 родословной определите вероятность (в процентах) рождения в браке 1 ребенка с признаком, обозначенным черным цветом (признак полностью доминирует).

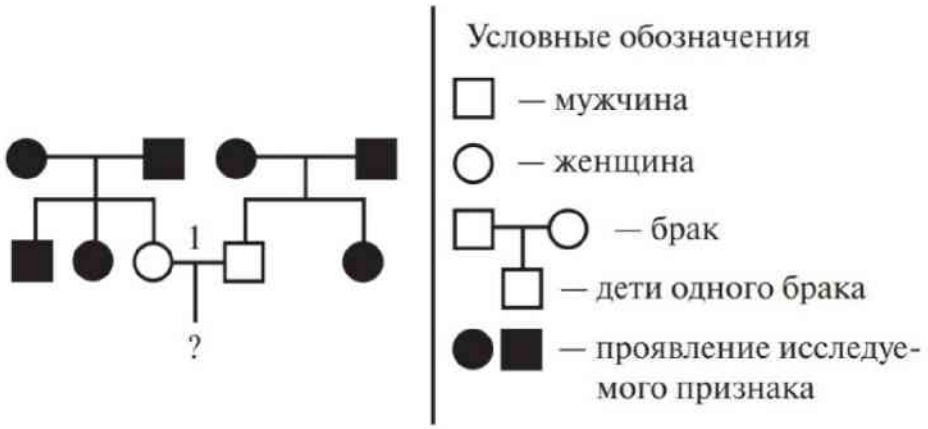


Рисунок 9. Родословная человека

8. По изображенной на схеме родословной человека (рис. 10) определите для родителя 1 количество гамет, несущих рецессивный аллель. Ответ запишите в виде соответствующего числа.

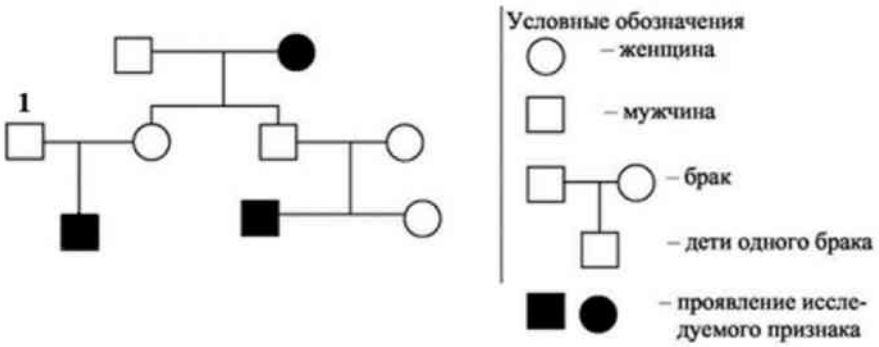


Рисунок 10. Родословная человека

9. По изображенной на рисунке 11 родословной определите вероятность (в процентах) рождения ребенка с признаком, обозначенного черным цветом, у родителей 1 и 2.

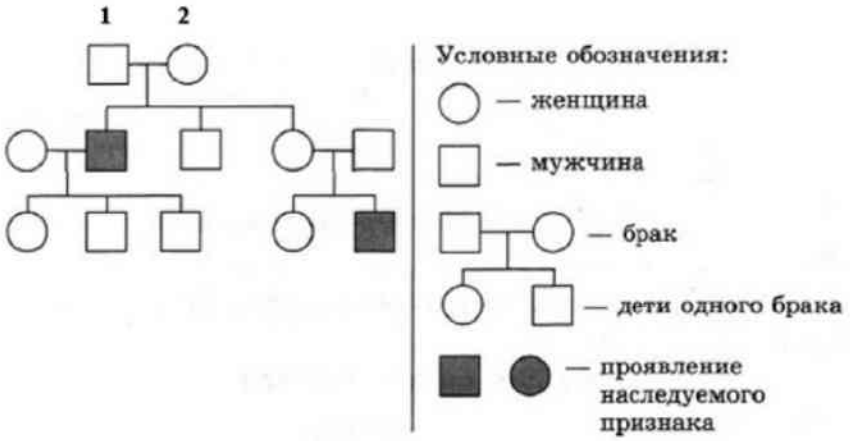


Рисунок 11. Родословная человека

10. По изображенной на рисунке 12 схеме определите вероятность (в процентах) рождения ребенка с признаком, обозначенным черным цветом, у родителей 1 и 2. В ответе запишите соответствующее число.

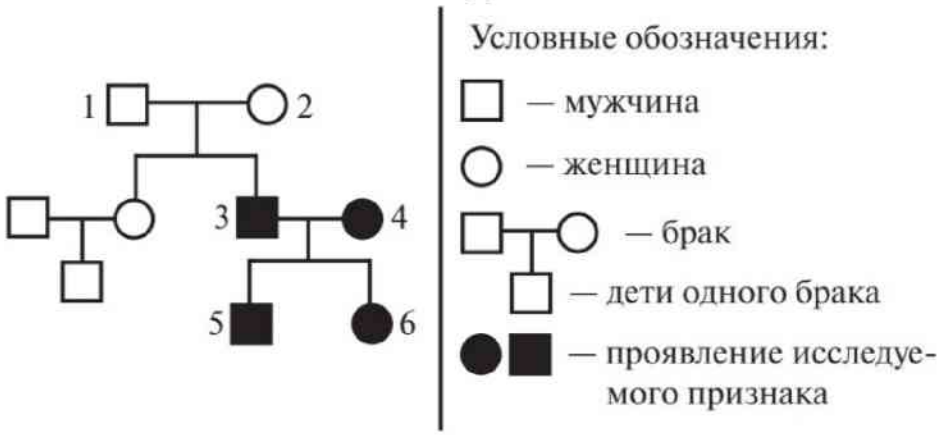


Рисунок 12. Родословная человека

X. Группы крови

Пример задачи. *Определите вероятность (в процентах) рождения ребенка с III группой крови у родителей с I и IV группами. Ответ запишите в виде числа.*

Для решения подобных задач необходимо знать генотипы всех групп крови (табл. 4).

Таблица 4 – Генотипы групп крови

I группа крови	II группа крови	III группа крови	IV группа крови
i^0i^0	I^AI^A I^Ai^0	I^BI^B I^Bi^0	I^AI^B

Решение

Дано: i^0i^0 – генотип I группы крови I^AI^B – генотип IV группы крови	Решение: P: ♀ i^0i^0 (I группа крови) x ♂ I^AI^B (IV группа крови) G: i^0 I^A I^B F_1: I^Ai^0, I^Bi^0

В результате брака у одного из двух детей может быть III группа крови.

Ответ: 50.

Задачи для тренировки

1. Какова вероятность (в процентах) рождения ребенка с I группой крови, если родители имеют IV группу? В ответ запишите только число.
2. С какой вероятностью (в процентах) может родиться ребенок с отрицательным резус-фактором и I группой крови в браке женщины с отрицательным резус-фактором и I группой крови и дигомозиготного мужчины с положительным резус-фактором и II группой крови. Ответ запишите в виде числа.
3. Сколько гамет образуется у дигетерозиготного организма с положительным резус-фактором и III группой крови? Ответ запишите в виде числа.
4. У отца IV группа крови, у матери II группа крови, у детей I, II, III и IV группы. Какова вероятность того, что один из детей внебрачный? Ответ запишите в виде числа.
5. Сколько групп крови может быть у детей, рожденных в браке гетерозиготной женщины с III группой и гетерозиготного мужчины с III группой крови. Ответ запишите в виде соответствующего числа.

6. В браке женщины с IV группой крови и мужчины с I группой крови были рождены дети. С какой вероятностью дети могут унаследовать группу крови отца? Ответ запишите в виде соответствующее число.
7. В браке женщины с I группой крови и гомозиготного мужчины с III группой крови были рождены дети. С какой вероятностью дети могут унаследовать группу крови матери? Ответ запишите в виде соответствующее число.
8. В браке гомозиготной матери с II группой крови и гомозиготного отца с III группой крови родился ребенок. С какой группой крови мог родиться ребенок? В ответе запишите соответствующую цифру.
9. С какой вероятностью у одного из родителей может быть IV группа крови, если известно, что у сына I группа крови и у дочери IV группа крови.
10. С какой вероятностью (в процентах) может родиться ребенок с III группой крови у родителей с IV группой крови? В ответ запишите соответствующее число.

Задачи второй части ЕГЭ

Каждый год единый государственный экзамен по биологии обновляется и добавляются новые задания. Традиционно последнее задание второй части – генетические задачи. Генетические задачи отличаются от классических заданий, которые проходят в школьном курсе. К задачам ЕГЭ необходимо применять творческий подход.

Генетические задачи единого государственного экзамена по биологии подразделяются на несколько типов, каждый из которых отличается способом решения.

I. Задачи на летальные гены

Пример задачи. *В результате скрещивания кукурузы с вытянутыми листьями и нормальным ростом с кукурузой со скрученными листьями и карликовым ростом было получено 43 растения с вытянутыми листьями и карликовым ростом и 37 растений со скрученными листьями и карликовым ростом. Из полученных особей скрестили между собой растения с вытянутыми листьями и карликовым ростом. В результате получили потомство с расщеплением по фенотипу 6:3:2:1. Составьте схему решения задачи, определите генотипы и фенотипы родителей и потомков. Объясните полученное во втором скрещивании расщепление.*

Решение

1. Определение рецессивного и доминантного признака

Текст задачи. *...Из полученных особей скрестили между собой растения с вытянутыми листьями и карликовым ростом. В результате получили потомство с расщеплением по фенотипу 6:3:2:1...*

Согласно тексту задачи, во втором скрещивании *расщепление по фенотипу в соотношении 6:3:2:*1 – это *одна из модификаций третьего закона Менделя.* В третьем законе Менделя участвуют дигетерозиготы, значит, *вытянутые листья и карликовый рост – доминантные признаки.*

Дано: А – вытянутые листья а – скрученные листья В – карликовый рост в – нормальный рост	

2. Первое скрещивание

Текст задачи. *...В результате скрещивания кукурузы с вытянутыми листьями и нормальным ростом и кукурузы со скрученными листьями и карликовым ростом было получено 43 растения с вытянутыми листьями и карликовым ростом и 37 растений со скрученными листьями и карликовым ростом...*

По условию задачи известно, что *первая особь с вытянутыми листьями и нормальным рост, значит, ее генотип может быть двух видов – Аавв или ААвв. Вторая особь со скрученными листьями и карликовым ростом также обладает двумя вариантами генотипа – ааВв или ааВВ.*

Чтобы выбрать верный генотип, необходимо проанализировать полученное потомство. Если в результате скрещивания были получены особи с вытянутыми листьями и карликовым ростом и особи со скрученными листьями и карликовым ростом, значит, *генотипы родителей – Аавв и ааВВ.*

Дано: А – вытянутые листья а – скрученные листья В – карликовый рост в – нормальный рост	Решение: 1. P: ♀ Аавв (вытянутые листья, нормальный рост) x ♂ ааВВ (скрученные листья, карликовый рост) G: Ав, ав; аВ F_1: АаВв – вытянутые листья, карликовый рост, ааВв – скрученные листья, карликовый рост.

3. Второе скрещивание

Текст задачи. *...Из полученных особей скрестили между собой растения с вытянутыми листьями и карликовым ростом. В результате получили потомство с расщеплением по фенотипу 6:3:2:1...*

Согласно соотношению 6:3:2:1 во втором скрещивании *участвуют дигетерозиготные особи.*

Дано:	Решение:
А – вытянутые листья а – скрученные листья В – карликовый рост в – нормальный рост	1. Р: ♀ Аавв (вытянутые листья, нормальный рост) х ♂ ааВВ (скрученные листья, карликовый рост) G: Ав, ав; аВ F_1: АаВв – вытянутые листья, карликовый рост, ааВв – скрученные листья, карликовый рост. 2. Р: ♀ АаВв (вытянутые листья, карликовый рост) х ♂ АаВв (вытянутые листья, карликовый рост) G: АВ, Ав, аВ, ав; АВ, Ав, аВ, ав

4. Результаты второго скрещивания

Текст задачи. *...В результате получили потомство с расщеплением по фенотипу 6:3:2:1...*

Согласно третьему закону Менделя, *расщепление по фенотипу должно быть 9:3:3:1*, но, согласно задаче, *расщепление 6:3:2:1*. Это значит, что *некоторые особи погибли еще на зародышевой стадии (табл. 5).*

Таблица 5. Сравнение расщепления по третьему закону Менделя и расщепления по условию задачи

По Менделю	По условию задачи
9 А_В_	6 А_В_
3 А_в_	3 или 2 А_в_
3 а_В_	3 или 2 а_В_
1 аавв	1 аавв

Если рецессивная *дигомозигота не погибла, значит, рецессивный аллель не может быть летальным.*

Текст задачи. *...В результате скрещивания кукурузы с вытянутыми листьями и нормальным ростом и кукурузы со скрученными листьями и карликовым ростом было получено 43 растения с вытянутыми листьями и карликовым ростом и 37 растений со скрученными листьями и карликовым ростом...*

Согласно первому скрещиванию *летально сочетание «АА»*, т.к. оно *нигде в схемах задач не встречается.* Таким образом, особи с генотипами ААВВ, ААВв и ААвв погибают.

Дано:	Решение:
А – вытянутые листья а – скрученные листья В – карликовый рост в – нормальный рост	1. P: ♀ Аавв (вытянутые листья, нормальный рост) x ♂ ааВВ (скрученные листья, карликовый рост) G: Ав, ав; аВ F_1: АаВв – вытянутые листья, карликовый рост, ааВв – скрученные листья, карликовый рост. 2. P: ♀ АаВв (вытянутые листья, карликовый рост) x ♂ АаВв (скрученные листья, карликовый рост) G: АВ, Ав, аВ, ав; АВ, Ав, аВ, ав F_2: ААВВ – гибель, ААВв – гибель, АаВВ – вытянутые листья, карликовый рост, АаВв – вытянутые листья, карликовый рост, ААВв – гибель, ААвв – гибель, АаВв – вытянутые листья, карликовый рост, Аавв – вытянутые листья, нормальный рост, АаВВ – вытянутые листья, карликовый рост, АаВв – вытянутые листья, карликовый рост, ааВВ – скрученные листья, карликовый рост, ааВв – скрученные листья, карликовый рост, АаВв – вытянутые листья, карликовый рост, Аавв – вытянутые листья, нормальный рост, ааВв – скрученные листья, карликовый рост, аавв – скрученные листья, нормальный рост.

5. Обоснование летальных генов

Дано:	Решение:
А – вытянутые листья а – скрученные листья В – карликовый рост в – нормальный рост	1. Р: ♀ Аавв х ♂ ааВВ вытянутые листья нормальнный рост — скрученные листья карликовый рост G: Ав, аВ аВ F_1: АаВв – вытянутые листья, карликовый рост, ааВв – скрученные листья, карликовый рост. 2. Р: ♀ АаВв х ♂ АаВв вытянутые листья карликовый рост — скрученные листья карликовый рост G: АВ, АВ Ав, Ав аВ, аВ ав, ав F_2: ААВВ – гибель, ААВв – гибель, АаВВ – вытянутые листья, карликовый рост, АаВв – вытянутые листья, карликовый рост, ААВв – гибель, ААвв – гибель, АаВв – вытянутые листья, карликовый рост, Аавв – вытянутые листья, нормальный рост, АаВВ – вытянутые листья, карликовый рост, АаВв – вытянутые листья, карликовый рост, ааВВ – скрученные листья, карликовый рост, ааВв – скрученные листья, карликовый рост, АаВв – вытянутые листья, карликовый рост, Аавв – вытянутые листья, нормальный рост, ааВв – скрученные листья, карликовый рост, аавв – скрученные листья, нормальный рост. Признак вытянутых листьев является доминантной мутацией с рецессивным летальным действием (гомозиготы по аллелю А не выживают). Во втором скрещивании потомки с генотипами ААВВ, ААВв, ААвв погибли, поэтому расщепление получилось 6:3:2:1.

Задачи для тренировки

1. Гомозиготное состояние гена серой шерсти вызывает гибель эмбрионов. При скрещивании особей с серой шерстью и рогами часть потомства образовалась с черной шерстью и без рогов. При скрешивании особей с серой шерстью и рогами (гомозиготны по данному признаку) получились организмы с серой шерстью и рогами и организмы с чер-

ной шерстью и рогами в соотношении 2:1. Гены не сцеплены. Составьте схему решения задачи. Определите генотипы родителей, генотипы и фенотипы потомства. Объясните фенотипические расщепления потомства в двух скрещиваниях.

2. Длинный хвост – гомозиготный доминантный признак, а короткий хвост – гетерозиготный доминантный признак. Гомозиготный рецессивный признак вызывает гибель мышей на стадии эмбриона. При скрещивании особей с черной шерстью и длинным хвостом образовалось потомство с расщеплением по фенотипу 3 (особи с черной шерстью и длинным хвостом):1 (особь с коричневой шерстью и длинным хвостом). При скрещивании особей с черной шерстью и укороченным хвостом было получено потомство с расщеплением по генотипу 1:2:1:2. Составьте схемы скрещиваний, определите генотипы и фенотипы родителей и потомства. Поясните генотипическое расщепление во втором скрещивании.
3. Гены признаков окраски шерсти и длины хвоста не сцеплены. Длина хвоста у мышей контролируется геном, который в гомозиготном рецессивном (b) состоянии вызывает гибель мышей на эмбриональной стадии развития, хвост у мышей может быть нормальной длины или укороченный. Скрестили дигетерозиготную самку мыши с черной окраской шерсти, укороченным хвостом и гомозиготного по окраске самца с черной окраской шерсти, укороченным хвостом и получили потомство. Во втором скрещивании другой самки мыши с черной окраской шерсти, укороченным хвостом и родительским самцом из первого скрещивания в потомстве получилось расщепление по генотипу по отношению 2:1. Составьте схемы скрещиваний. Определите все возможные генотипы родителей, генотипы и фенотипы возможного потомства и их соотношение по генотипу в двух скрещиваниях. Объясните полученное фенотипическое расщепление в двух скрещиваниях.

4. У уток признаки хохлатости и качества оперения аутосомные несцепленные. В гомозиготном доминантном состоянии ген хохлатости вызывает гибель эмбрионов. В скрещивании хохлатых с нормальным оперением уток и хохлатых с нормальным оперением селезней часть потомства получилась без хохолка и с шелковистым оперением. При скрещивании полученных в первом поколении хохлатых уток с нормальным оперением (гомозиготных) и селезней с таким же генотипом, получились две фенотипические группы потомков. Составьте схему решения задачи. Определите генотипы родительских особей, генотипы и фенотипы полученного потомства в первом и во втором скрещиваниях. Определите и поясните фенотипическое расщепление в первом и во втором скрещиваниях.
5. У птиц гетерогаметным является женский пол. При скрещивании курицы с темным оперением и петуха со светлым оперением все гибридное потомство было с темным оперением с соотношением самцов и самок 2:1 соответственно. При скрещивании полученных в первом поколении курицы и петуха с темным оперением в потомстве получили следующее соотношении фенотипов: 6 (самцы с темным оперением): 2 (самцы со светлым оперением): 3 (самки с темным оперением): 1 (самки со светлым оперением). Составьте схемы скрещиваний. Определите генотипы родительских особей, генотипы и фенотипы потомства в двух скрещиваниях, пол потомства в каждом скрещивании. Объясните полученное соотношение в первом и во втором скрещиваниях.

II. Задачи на сцепленное наследование без кроссинговера

Пример задачи. *При скрещивании чистой линии мышей с прямой длинной шерстью и чистой линии мышей с кудрявой короткой шерстью были получены дигетерозиготные организмы. Полученного самца скрестили с дигомозиготной самкой с прямой длинной шерстью. В результате были получены особи с кудрявой короткой шерстью и особи с прямой длинной шерстью в соотношении 1:1. Составьте схему решения задачи, определите генотипы*

и фенотипы родителей и потомков. Объясните результаты, полученные во втором скрещивании.

Решение

1. ***Определение доминантного и рецессивного признака***

Текст задачи. *... При скрещивании чистой линии мышей с прямой длинной шерстью и чистой линии мышей с кудрявой короткой шерстью были получены дигетерозиготные организмы...*

При скрещивании дигомозигот проявляется только доминантный признак, поэтому кудрявая и короткая шерсть – это доминантные признаки.

Дано: А – кудрявая шерсть а – прямая шерсть В – короткая шерсть в – длинная шерсть	

2. ***Первое скрещивание***

Текст задачи. *... При скрещивании чистой линии мышей с прямой длинной шерстью и чистой линии мышей с кудрявой короткой шерстью были получены дигетерозиготные организмы...*

Чистая линия – моно- или дигомозиготные организмы. Таким образом, *генотип одного родителя – аавв, а другого – ААВВ.*

Дано: А – кудрявая шерсть а – прямая шерсть В – короткая шерсть в – длинная шерсть	Решение: 1. Р: ♀ аавв x ♂ ААВВ прямая шерсть длинная шерсть — кудрявая шерсть короткая шерсть G: ав АВ F_1: АаВв – кудрявая короткая шерсть.

3. ***Второе скрещивание***

Текст задачи. *…Полученного самца скрестили с гомозиготной самкой с прямой длинной шерстью. В результате были получены особи с кудрявой короткой шерстью и особи с прямой длинной шерстью в соотношении 1:1…*

При скрещивании дигомозиготной особи с дигетерозиготой *расщепление по фенотипу должно быть 1:1:1:1*, но по условию задачи *расщепление 1:1*. Значит, *расщепление проходило без кроссинговера.*

Дано:	Решение:
А – кудрявая шерсть а – прямая шерсть В – короткая шерсть в – длинная шерсть	1. Р: ♀ аавв х ♂ ААВВ прямая шерсть кудрявая шерсть длинная шерсть короткая шерсть G: ав АВ F_1: АаВв – кудрявая короткая шерсть. 2. Р: ♀ аавв х ♂ АаВв прямая шерсть кудрявая шерсть длинная шерсть короткая шерсть G: ав АВ ав F_2: АаВв – кудрявая короткая шерсть, аавв – прямая длинная шерсть.

4. Обоснование результатов второго скрещивания

Дано:	Решение:
А – кудрявая шерсть а – прямая шерсть В – короткая шерсть в – длинная шерсть	1. Р: ♀ аавв х ♂ ААВВ прямая шерсть кудрявая шерсть длинная шерсть короткая шерсть G: ав АВ F_1: АаВв – кудрявая короткая шерсть. 2. Р: ♀ аавв х ♂ АаВв прямая шерсть кудрявая шерсть длинная шерсть короткая шерсть G: ав АВ ав F_2: АаВв – кудрявая короткая шерсть, аавв – прямая длинная шерсть. Гены, отвечающие за кудрявую, прямую и короткую, длинную шерсть сцеплены, кроссинговер не произошел.

Задачи для тренировки

1. Гены длины ног и длины крыльев находятся у дрозофилы в одной хромосоме. Скрестили самку дрозофилы с короткими крыльями, нормальными ногами и самца с нормальными крыльями, короткими ногами; все полученные гибриды F_1 имели нормальные крылья и нормальные ноги. Получившихся в первом поколении самцов скрестили с исходной родительской особью. В потомстве получилось расщепление по фенотипу и генотипу в отношении 1:1. Составьте схемы решения задачи. Определите генотипы родительских особей, генотипы и фенотипы потомков. Объясните формирование двух фенотипических групп во втором скрещивании.
2. Скрестили гомозиготных самок дрозофил с черным телом, укороченными крыльями и дигетерозиготных самцов, полученных от скрещивания чистых линий мух с черным телом, укороченными крыльями и с серым телом, нормальными крыльями. В потомстве получили мух с серым телом, нормальными крыльями и мух с черным телом, укороченными крыльями в соотношении 1:1. Составьте схему решения задачи. Определите генотипы и фенотипы родителей и потомства во всех поколениях. Объясните результаты скрещивания.
3. Гены окраски тела и формы крыльев находятся в одной хромосоме. Скрещивали самку с укороченными крыльями, черной окраской тела и самца с длинными крыльями, коричневой окраской тела; все полученные гибриды F_1 имели длинные крылья и черной окраской тела. Получившихся в первом поколении самцов скрестили с исходной родительской особью. В потомстве получилось расщепление по фенотипу и генотипу в отношении 1:1. Составьте схемы решения задачи. Определите генотипы родительских особей, генотипы и фенотипы потомков. Объясните формирование двух фенотипов во втором скрещивании.
4. При скрещивании дигомозиготной особи с белой окраской шерсти и короткими крыльями и дигомозиготной особи с коричневой окраской шерсти и длинными крыльями были получены дигетерозиготные орга-

низмы. Полученного самца скрестили с дигомозиготной самкой с коричневой окраской шерсти и длинными крыльями. В результате были получены особи с белой окраской шерсти и короткими крыльями и особи с коричневой окраской шерсти и длинными крыльями в соотношении 1:1. Составьте схему решения задачи, определите генотипы и фенотипы родителей и потомков. Объясните результаты, полученные во втором скрещивании.

5. Скрестили чистую линию особи с голубыми глазами и светлой шерстью и дигетерозиготный организм, полученных от скрещивания двух чистых линий с карими глазами и темной шерстью и с голубыми глазами и светлой шерстью. В потомстве получили организмы с голубыми глазами и светлой шерстью и с карими глазами и темной шерстью в соотношении 1:1. Составьте схему решения задачи. Определите генотипы и фенотипы родителей и потомства во всех поколениях. Объясните результаты скрещивания.

III. Задачи на сцепленное наследование с кроссинговером

Пример задачи. *При скрещивании томата со сложными соцветиями и опушенными плодами с растениями с простыми соцветиями и гладкими плодами образовались особи со сложными соцветиями и опушенными плодами. При анализирующем скрещивании были получены потомки с четырьмя фенотипами – 40, 15, 15, 40 особей. Составьте схему решения задачи. Определите генотипы и фенотипы родителей и потомков. Объясните формирование четырех фенотипических групп в потомстве.*

Решение

1. ***Определение доминантного и рецессивного признака***

Текст задачи. *...При скрещивании томата со сложными соцветиями и опушенными плодами с растениями с простыми соцветиями и гладкими плодами образовались особи со сложными соцветиями и опушенными плодами...*

В результате первого скрещивания были получены *особи только со сложными соцветиями и опушенными плодами*, значит, именно эти *признаки являются доминантными.*

Дано: А – сложные соцветия а – простые соцветия В – опушенные плоды в – гладкие плоды	

2. Первое скрещивание

Текст задачи. *...При скрещивании томата со сложными соцветиями и опушенными плодами с растениями с простыми соцветиями и гладкими плодами образовались особи со сложными соцветиями и опушенными плодами...*

Если в первом скрещивании проявляется только доминантный признак, значит, *родительские особи – дигомозиготы.*

Дано: А – сложные соцветия а – простые соцветия В – опушенные плоды в – гладкие плоды	Решение: 1. Р: ♀ аавв (простые соцветия, гладкие плоды) х ♂ ААВВ (сложные соцветия, опушенные плоды) G: ав АВ F_1: АаВв – сложные соцветия, опушенные плоды.

3. Второе скрещивание

Текст задачи. *...При анализирующем скрещивании полученных растений были получены потомки с четырьмя фенотипами – 40, 15, 15, 40 особей...*

Если при *анализирующем скрещивании дигетерозиготного организма образуется четыре фенотипа*, значит, *происходит кроссинговер*. В классическом варианте подобных генетических задачи *расщепление по фенотипу 1:1:1:1*, но *по условию задачи расщепление по фенотипу 4:1:1:4*.

Некроссоверные гаметы АВ и ав дигетерозиготы составляют большую часть, поэтому генотипы АаВв (40 особей) и аавв (40 особей) образуется больше. *Кроссоверные гаметы Ав и аВ – меньшая часть гамет*, поэтому генотипов Аавв (15 особей) и ааВв (15 особей) немного.

Дано:	Решение:
А – сложные соцветия а – простые соцветия В – опушенные плоды в – гладкие плоды	1. Р: ♀ аавв (простые соцветия, гладкие плоды) х ♂ ААВВ (сложные соцветия, опушенные плоды) G: ав АВ F_1: АаВв – сложные соцветия, опушенные плоды. 2. Р: ♀ аавв (простые соцветия, гладкие плоды) х ♂ АаВв (сложные соцветия, опушенные плоды) G: ав АВ Ав аВ ав F_2: АаВв – сложные соцветия, опушенные плоды (40 особей), Аавв – сложные соцветия, гладкие плоды (15 особей), ааВв – простые соцветия, опушенные плоды (15 особей), аавв – простые соцветия, гладкие плоды (40 особей).

4. Объяснение фенотипических групп во втором скрещивании

Дано:	Решение:
А – сложные соцветия а – простые соцветия В – опушенные плоды в – гладкие плоды	1. Р: ♀ аавв (простые соцветия, гладкие плоды) х ♂ ААВВ (сложные соцветия, опушенные плоды) G: ав АВ F_1: АаВв – сложные соцветия, опушенные плоды. 2. Р: ♀ аавв (простые соцветия, гладкие плоды) х ♂ АаВв (сложные соцветия, опушенные плоды) G: ав АВ Ав аВ ав F_2: АаВв – сложные соцветия, опушенные плоды (40 особей),

	Аавв – сложные соцветия, гладкие плоды (15 особей), ааВв – простые соцветия, опушенные плоды (15 особей), аавв – простые соцветия, гладкие плоды (40 особей). Присутствие в потомстве двух многочисленных групп особей (40 кустов томатов со сложными соцветиями и опушенными плодами и 40 кустов томатов с простыми соцветиями и гладкими плодами) – это результат сцепления генов: аллель А сцеплен с аллелем В, а аллель а сцеплен с аллелем в. Две другие малочисленные фенотипические группы (15 кустов томата со сложными соцветиями и гладкими плодами и 15 кустов томата со сложными соцветиями и опушенными плодами) – образуются в результате кроссинговера.

Задачи для тренировки

1. Гребень и оперенные ноги – аутосомные признаки. При скрещивании особи с гребнем и оперенными ногами и особи с гребнем и голыми ногами образовалось 25% цыплят без гребня и оперенными ногами и 75% цыплят с гребнем и оперенными ногами. При скрещивании курицы с гребнем и оперенными ногами и петуха с гребнем и голыми ногами получилось потомство с расщеплением по фенотипу 3:3:1:1. Составьте схему решения задачи. Определите генотипы родителей, генотипы и фенотипы потомства. Какова вероятность получения во втором скрещивании потомства, генотипически сходного с петухом?
2. При скрещивании кукурузы с нормальными листьями и карликовым ростом и растения со скрученными листьями и нормальным ростом все потомство получилось с нормальными листьями и ростом. В анализирующем скрещивании гибридов получилось четыре разные фенотипические группы: 122, 116, 33, 31. Составьте схемы скрещиваний. Укажите генотипы и фенотипы родителей и потомства. Объясните формирование четырех фенотипических групп.
3. У человека между аллелями генов отсутствия потовых желез и дальтонизма происходит кроссинговер. Здоровая женщина (у матери был дальтонизм, у отца отсутствовали потовые железы) вышла замуж за мужчину-дальтоника, имеющего потовые железы. Родившаяся в этом браке моногомозиготная здоровая дочь вышла замуж за здорового

мужчину. В семье родился дальтоник. Составьте схемы решения задачи. Укажите генотипы, фенотипы родителей, а также генотипы и фенотипы возможного потомства в двух браках. Возможно ли в первом браке рождение больного этими двумя заболеваниями ребенка? Ответ поясните.

4. У человека между аллелями генов дальтонизма и гемофилии происходит кроссинговер. Дигетерозиготная по генам дальтонизма и гемофилии женщина вышла замуж за здорового мужчину. В семье родился здоровый сын. Он женился на женщине, страдающей от дальтонизма и являющейся носительницей гемофилии. Составьте схемы решения задачи. Укажите возможные генотипы, фенотипы родителей, генотипы и фенотипы возможного потомства в двух браках. Возможно ли в первом браке рождение больного этими двумя заболеваниями ребенка?
5. У человека между аллелями генов куриной слепоты и гемофилии происходит кроссинговер. Здоровая женщина (у ее отца была гемофилия, а у дигомозиготной матери – куриная слепота) вышла замуж за здорового мужчину. В браке родилась моногозиготная здоровая дочь. Она вышла замуж за здорового мужчину. В результате их брака родился гемофилик. Составьте схемы решения задачи. Укажите генотипы родителей, генотипы и фенотипы возможного потомства в двух браках. Возможно ли в первом браке рождение больного этими двумя заболеваниями ребенка?

IV. Задачи на крисс-кросс наследование

Пример задачи. *В браке голубоглазого мужчины со светлыми волосами и кареглазой женщины с темными волосами родились дети с одним цветом глаз и волос. В браке голубоглазой женщины со светлыми волосами и кареглазого мужчины с темными волосами родились девочки с карими глазами и темными волосами и мальчики с карими глазами и светлыми волосами. Составьте схемы скрещивания. Определите генотипы родителей, гено-*

типы фенотипы и пол потомков. Объясните фенотипическое расщепление во втором скрещивании.

Решение

5. Определение доминантных и рецессивных признаков

Текст задачи. *...В браке голубоглазой женщины со светлыми волосами и кареглазого мужчины с темными волосами родились девочки с карими глазами и темными волосами и мальчики с карими глазами и светлыми волосами. В браке голубоглазой женщины со светлыми волосами и кареглазого мужчины с темными волосами родились девочки с карими глазами и темными волосами и мальчики с карими глазами и светлыми волосами...*

Данная задача относится к *крисс-кросс наследованию*, т.к. *признаки у мужчин и женщин меняются между собой в первом и втором скрещивании.*

Если у потомков, полученных в результате второго скрещивания, проявляется только один признак – *карие глаза, значит, данный признак является доминантным.* Если по этому признаку *не наблюдается расщепление*, то он *является аутосомным.*

Цвет волос является сцепленным с Х-хромосомой, т.к. по этому *признаку есть расщепление.*

Дано: А – карие глаза а – голубые глаза X^B – темные волосы $X^в$ – светлые волосы	

6. Первое скрещивание

Текст задачи. *...В браке голубоглазой женщины со светлыми волосами и кареглазого мужчины с темными волосами родились девочки с карими глазами и темными волосами и мальчики с карими глазами и светлыми волосами...*

Если *в первом скрещивании образуется единообразное поколение*, значит, *все организмы должны быть гомозиготны*.

Дано:	Решение:
A – карие глаза a – голубые глаза X^B – темные волосы $X^в$ – светлые волосы	1. P: ♀ aaX^BX^B x ♂ AAX^BY голубые глаза, светлые волосы — карие глаза, темные волосы G: $aX^в$ — AX^B, AY F_1: AaX^BX^B – женский организм, карие глаза, темные волосы, AaX^BY – мужской организм, карие глаза, темные волосы.

7. *Второе скрещивание*

Текст задачи. *...В браке голубоглазой женщины со светлыми волосами и кареглазого мужчины с темными волосами родились девочки с карими глазами и темными волосами и мальчики с карими глазами и светлыми волосами...*

Во втором скрещивании также *родительские особи также гомозиготы.*

Дано:	Решение:
A – карие глаза a – голубые глаза X^B – темные волосы $X^в$ – светлые волосы	1. P: ♀ aaX^BX^B x ♂ $AAX^вY$ голубые глаза, светлые волосы — карие глаза, темные волосы G: aX^B — $AX^в$, AY F_1: $AaX^BX^в$ – женский организм, карие глаза, темные волосы, AaX^BY – мужской организм, карие глаза, темные волосы. 2. P: ♀ $AAX^вX^в$ x ♂ aaX^BY голубые глаза, светлые волосы — карие глаза, темные волосы G: $AX^в$ — aX^B, aY F_2: $AaX^BX^в$ – женский организм, карие глаза, темные волосы, $AaX^вY$ – мужской организм, карие глаза, светлые волосы.

8. *Объяснение фенотипического расщепления во втором скрещивании*

Дано:	Решение:
A – карие глаза a – голубые глаза X^B – темные волосы $X^в$ – светлые волосы	1. P: ♀ aaX^BX^B x ♂ $AAX^вY$ голубые глаза, светлые волосы — карие глаза, темные волосы G: aX^B — $AX^в$

	AY F_1: $AaX^BX^в$ – женский организм, карие глаза, темные волосы, AaX^BY – мужской организм, карие глаза, темные волосы. 2. P: ♀ $AAX^вX^в$ x ♂ aaX^BY голубые глаза, светлые волосы — карие глаза, темные волосы G: $AX^в$ — aX^B, aY F_2: $AaX^BX^в$ – женский организм, карие глаза, темные волосы, $AaX^вY$ – мужской организм, карие глаза, светлые волосы. Во втором скрещивании получилось фенотипическое расщепление по цвету волос, т.к. светлые волосы – рецессивный признак, сцепленный с Х-хромосомой (женщины наследуют доминантный аллель от отца, а мужчины получают от матери только рецессивный алелль).

Задачи для тренировки

1. При скрещивании самки дрозофилы с красными глазами и серым телом и самца с пурпурными глазами и желтым телом все потомство получилось единообразным. При скрещивании самки с пурпурными глазами и желтыми глазами и самца с красными глазами и серым телом получились самки с красными глазами и серым телом и самцы с красными глазами и желтым цветом. Составьте схемы скрещиваний. Определите генотипы родителей, генотипы, фенотипы и пол возможного потомства. Объясните фенотипическое расщепление во втором скрещивании.
2. Гетерогаметным полом у птиц является женский пол. В первом скрещивании курицы без гребня с черным оперением и петуха с гребнем и полосатым оперением все потомство было единообразным. Во втором скрещивании курицы с гребнем и полосатым оперением и петуха без гребня с черным оперением получились самки с гребнем и черным оперением и самцы с гребнем и полосатым оперением. Составьте схемы скрещивания, определите генотипы и фенотипы родительских особей, потомства в двух скрещиваниях и пол в первом скрещивании. Объясните фенотипическое расщепление во втором скрещивании.

3. В первом скрещивании самка дрозофилы с серым телом, красными глазами и самца с черным телом и белыми глазами все потомство было единообразным. Во втором скрещивании самки дрозофилы с черным телом и белыми глазами и самца с серым телом и красными глазами образовались самки с серым телом и красными глазами и самцы с серым телом и белыми глазами. Составьте схемы скрещивания. Определите генотипы и фенотипы родителей, а также фенотипы, генотипы и пол возможного потомства в двух скрещиваниях. Объясните фенотипическое расщепление во втором скрещивании.
4. При скрещивании самки норки с бурым мехом без белого пятна и самца с рыжим мехом и белым пятном на груди, все гибридное потомство было единообразным. При скрещивании самки норки с рыжим мехом и белым пятном на груди и самца с бурым мехом без белого пятна в потомстве получились самки с бурым мехом без пятна и самцы с бурым мехом и белым пятном на груди. Составьте схемы скрещиваний. Определите генотипы родительских особей, генотипы и фенотипы, пол потомства в двух скрещиваниях. Объясните фенотипическое расщепление во втором скрещивании.
5. При скрещивании самки дрозофилы с желтым телом и короткими щетинками и самца с серым телом и нормальными шетинками в потомстве получилось самцы с желтым телом и нормальными щетинками. При скрещивании самок с серым телом и нормальными щетинками и самцов с желтым телом и короткими шетинками все потомство имело серое тело и короткие щетинки. Составьте схему решения задачи. Определите генотипы родителей и потомков в обоих скрещиваниях. Ответ обоснуйте.

V. Задачи на двойное сцепление с Х-хромосомой

Пример задачи. *Между аллелями генов дальтонизма и куриной слепоты происходит кроссинговер. Здоровая женщина, мать которой страдала от дальтонизма, а отец от куриной слепоты, вышла замуж за здорового*

мужчину. В браке родилась здоровая моногомозиготная дочь, которая вышла замуж за здорового мужчину. В результате родился дальтоник. Составьте схемы решения задач. Укажите фенотипы и генотипы родителей, фенотипы, генотипы и пол потомков. Возможно ли в первом браке рождение больного этими заболеваниями ребенка. Ответ поясните.

Решение

1. Определение доминантного и рецессивного признака

Текст задачи. *...Между аллелями генов дальтонизма и куриной слепоты происходит кроссинговер...*

Дальтонизм (также как и гемофилия) всегда является рецессивным признаком, сцепленным с Х-хромосомой. Если между аллелями дальтонизма и куриной слепоты *происходит кроссинговер*, значит, *алелль куриной слепоты тоже сцеплен с Х-хромосомой.*

Текст задачи. *...Здоровая женщина, мать которой страдала от дальтонизма, а отец от куриной слепоты, вышла замуж за здорового мужчину...*

Если здоровая женщина родилась от отца, страдающего от куриной слепоты, значит, *куриная слепота – это рецессивный признак.*

Дано: X^A – отсутствие дальтонизма X^a – дальтонизм X^B – отсутствие куриной слепоты $X^в$ – куриная слепота	

2. Первое скрещивание

Текст задачи. *...Здоровая женщина, мать которой страдала от дальтонизма, а отец от куриной слепоты, вышла замуж за здорового мужчину...*

Если известно, что *между аллелями происходит кроссинговер*, значит, *у женщины образуется четыре типа гамет.*

Дано:	Решение:
X^A – отсутствие дальтонизма X^a – дальтонизм X^B – отсутствие куриной слепоты $X^в$ – куриная слепота	1. P: ♀ $X^{Aв}X^{aB}$ x ♂ $X^{AB}Y$ отсутствие дальтонизма, отсутствие куриной слепоты — отсутствие дальтонизма, отсутствие куриной слепоты G: $X^{Aв}$, X^{aB}, X^{AB}, $X^{ав}$ — X^{AB}, Y F_1: $X^{AB}X^{Aв}$ – женский организм, отсутствие дальтонизма и куриной слепоты, $X^{Aв}Y$ – мужской организм, отсутствие дальтонизма, куриная слепота, $X^{AB}X^{aB}$ – женский организм, отсутствие дальтонизма и куриной слепоты, $X^{aB}Y$ – мужской организм, дальтонизм, отсутствие куриной слепоты, $X^{AB}X^{AB}$ – женский организм, отсутствие дальтонизма и куриной слепоты, $X^{AB}Y$ – мужской организм, отсутствие дальтонизма и куриной слепоты, $X^{AB}X^{ав}$ – женский организм, отсутствие дальтонизма и куриной слепоты, $X^{ав}Y$ – мужской организм, дальтонизм, куриная слепота.

3. Второе скрещивание

Текст задачи. *...В браке родилась здоровая моногомозиготная дочь, которая вышла замуж за здорового мужчину. В результате родился дальтоник...*

Чтобы из потомков первого скрещивания *выбрать моногомозиготную женщину*, необходимо *проанализировать результаты второго скрещивания.* Если в браке здоровой женщины и мужчины *родился ребенок-дальтоник*, значит, *у женщины в рецессивном состоянии есть аллель дальтонизма.* Генотип моногозиготной здоровой женщины – $X^{AB}X^{aB}$.

Дано:	Решение:
X^A – отсутствие дальтонизма X^a – дальтонизм X^B – отсутствие ку-	1. P: ♀ $X^{Aв}X^{aB}$ x ♂ $X^{AB}Y$ отсутствие дальтонизма, отсутствие куриной слепоты — отсутствие дальтонизма, отсутствие куриной слепоты G: $X^{Aв}$ — X^{AB}

риной слепоты $X^в$ – куриная слепота	X^{aB} Y X^{AB} $X^{ав}$ F_1: $X^{AB}X^{Aв}$ – женский организм, отсутствие дальтонизма и куриной слепоты, $X^{Aв}Y$ – мужской организм, отсутствие дальтонизма, куриная слепота, $X^{AB}X^{aB}$ – женский организм, отсутствие дальтонизма и куриной слепоты, $X^{aB}Y$ – мужской организм, дальтонизм, отсутствие куриной слепоты, $X^{AB}X^{AB}$ – женский организм, отсутствие дальтонизма и куриной слепоты, $X^{AB}Y$ – мужской организм, отсутствие дальтонизма и куриной слепоты, $X^{AB}X^{ав}$ – женский организм, отсутствие дальтонизма и куриной слепоты, $X^{ав}Y$ – мужской организм, дальтонизм, куриная слепота. 2. P: ♀ $X^{AB}X^{aB}$ x ♂ $X^{AB}Y$ отсутствие дальтонизма, отсутствие куриной слепоты — отсутствие дальтонизма, отсутствие куриной слепоты G: X^{AB} X^{AB} X^{aB} Y F_2: $X^{AB}X^{AB}$ – женский организм, отсутствие дальтонизма и куриной слепоты, $X^{AB}Y$ – мужской организм, отсутствие дальтонизма и куриной слепоты, $X^{AB}X^{aB}$ – женский организм, отсутствие дальтонизма и куриной слепоты, $X^{aB}Y$ – мужской организм, дальтонизм, отсутствие куриной слепоты.

4. Обоснование рождения больного ребенка в первом браке

Дано: X^A – отсутствие дальтонизма X^a – дальтонизм X^B – отсутствие куриной слепоты $X^в$ – куриная слепота	Решение: 1. P: ♀ $X^{Aв}X^{aB}$ x ♂ $X^{AB}Y$ отсутствие дальтонизма, отсутствие куриной слепоты — отсутствие дальтонизма, отсутствие куриной слепоты G: $X^{Aв}$ X^{AB} X^{aB} Y X^{AB} $X^{ав}$ F_1: $X^{AB}X^{Aв}$ – женский организм, отсутствие дальтонизма и куриной слепоты, $X^{Aв}Y$ – мужской организм, отсутствие дальтонизма, куриная слепота, $X^{AB}X^{aB}$ – женский организм, отсутствие дальтонизма и куриной слепоты, $X^{aB}Y$ – мужской организм, дальтонизм, отсутствие куриной слепоты,

	$X^{AB}X^{AB}$ – женский организм, отсутствие дальтонизма и куриной слепоты, $X^{AB}Y$ – мужской организм, отсутствие дальтонизма и куриной слепоты, $X^{AB}X^{ав}$ – женский организм, отсутствие дальтонизма и куриной слепоты, $X^{ав}Y$ – мужской организм, дальтонизм, куриная слепота. 2. P: ♀ $X^{AB}X^{aB}$ x ♂ $X^{AB}Y$ отсутствие дальтонизма отсутствие дальтонизма отсутствие куриной слепоты отсутствие куриной слепоты G: X^{AB} X^{AB} X^{aB} Y F_2: $X^{AB}X^{AB}$ – женский организм, отсутствие дальтонизма и куриной слепоты, $X^{AB}Y$ – мужской организм, отсутствие дальтонизма и куриной слепоты, $X^{AB}X^{aB}$ – женский организм, отсутствие дальтонизма и куриной слепоты, $X^{aB}Y$ – мужской организм, дальтонизм, отсутствие куриной слепоты. В первом браке возможно рождение сына дальтоника с куриной слепотой ($X^{ав}Y$). В генотипе этого ребенка находятся материнская, образовавшаяся в результате кроссинговера Х-хромосома с двумя рецессивными аллелями и отцовская Y-хромосома, не содержащая аллелей этих двух генов.

Задачи для тренировки

1. Аллели генов атрофии зрительного нерва и ихтиоза находятся в одной хромосоме и являются сцепленными с полом. В браке здоровой женщины (мать женщины болела ихтиозом, а отец – атрофией зрительного нерва) и здорового мужчины родилась гомозиготная здоровая дочь. Дочь вышла замуж за здорового мужчину и в их браке родился ребенок, страдающий от ихтиоза. Составьте схемы решения задачи. Укажите генотипы и фенотипы родителей, генотипы, фенотипы и пол возможного потомства. Возможно ли в первом браке рождение ребенка, страдающего обоими заболеваниями? Ответ поясните.
2. Аллели генов атрофии зрительного нерва и куриной слепоты находятся в одной хромосоме и являются сцепленными с полом. В браке здоровой женщины (мать женщины страдала от атрофии зрительного нерва, а отец – от куриной слепоты) и здорового мужчины родилась гомози-

готная здоровая дочь. Она вышла замуж за здорового мужчину и в их браке родился ребенок, страдающий от атрофии зрительного нерва. Составьте схемы решения задачи. Укажите генотипы и фенотипы родителей, генотипы, фенотипы и пол возможного потомства. Возможно ли в первом браке рождение ребенка, страдающего обоими заболеваниями? Ответ поясните.

3. Аллели генов мышечной дистрофии и атрофии зрительного нерва находятся в одной хромосоме и являются сцепленными с полом. В браке здоровой женщины (мать женщины страдала от атрофии зрительного нерва, а отец – от мышечной дистрофии) и здорового мужчины родилась гомозиготная здоровая дочь. Она вышла замуж за здорового мужчину и в их браке родился ребенок, страдающий от мышечной дистрофии. Составьте схемы решения задачи. Укажите генотипы и фенотипы родителей, генотипы, фенотипы и пол возможного потомства. Возможно ли в первом браке рождение ребенка, страдающего обоими заболеваниями? Ответ поясните.
4. У человека аллели генов куриной слепоты (ночной слепоты) и ихтиоза (заболевание кожи) находятся в одной хромосоме и наследуются сцеплено с полом. Женщина, не имеющая этих заболеваний, у матери которой был ихтиоз, а у отца – куриная слепота, вышла замуж за мужчину без этих заболеваний. Родившаяся в браке гомозиготная здоровая дочь вышла замуж за мужчину, не имеющего этих заболеваний. В их семье родился ребенок, страдающий ихтиозом. Составьте схемы решения задачи. Укажите генотипы, фенотипы родителей, генотипы, фенотипы, пол возможного потомства в двух браках. Возможно ли в первом браке рождение ребенка, страдающего двумя названными заболеваниями? Ответ поясните.
5. Аллели генов мышечной дистрофии и куриной слепоты находятся в одной хромосоме и наследуются сцеплено с полом. Женщина, не имеющая этих заболеваний, у матери которой была куриная слепота, а

у отца – мышечная дистрофия, вышла замуж за мужчину без этих заболеваний. Родившаяся в этом браке гомозиготная здоровая дочь вышла замуж за мужчину, не имеющего этих заболеваний. В их семье родился ребенок с куриной слепотой. Составьте схемы решения задачи. Укажите генотипы, фенотипы родителей, генотипы, фенотипы и пол возможного потомства в двух браках. Возможно ли в первом браке рождение ребенка, страдающего двумя названными заболеваниями?

VI. Задачи на псевдоаутосомное наследование

Пример задачи. *На X- и Y-хромосомах есть псевдоаутосомные участки, которые содержат аллели одного гена, и между ними может происходить кроссинговер. К этой группе относится геморрагический диатез. Женщина, страдающая от геморрагического диатеза и дальтонизма, родители которой не имели данных заболеваний, вышла замуж за здорового мужчину, мать которого болела диатезом. В результате брака родилась здоровая дочь, которая вышла замуж за мужчину, болеющего геморрагическим диатезом. Составьте схемы решения задачи. Определите генотипы родителей, фенотипы, генотипы и пол потомков. Возможно ли рождение в первом браке ребенка, страдающего двумя названными заболеваниями? Ответ поясните.*

Решение

1. Определение доминантного и рецессивного признака

Текст задачи. *...На X- и Y-хромосомах есть псевдоаутосомные участки, которые содержат аллели одного гена, и между ними может происходить кроссинговер. К этой группе аллелей относится геморрагический диатез. Женщина, страдающая от геморрагического диатеза и дальтонизма, родители которой не имели данных заболеваний, вышла замуж за здорового мужчину, мать которого болела диатезом...*

По условию задачи известно, что *аллель геморрагического диатеза находится в псевдоаутосомном участке*. Если известно, что женщина с данным заболеванием родилась в результате брака здоровых родителей, значит,

геморрагический диатез – рецессивный признак. Дальтонизм – это всегда рецессивный признак.

Дано: X^A – отсутствие диатеза X^a – геморрагический диатез X^B – нормальное зрение $X^в$ – дальтонизм	

2. Первое скрещивание

Текст задачи. *...Женщина, страдающая от геморрагического диатеза и дальтонизма, родители которой не имели данных заболеваний, вышла замуж за здорового мужчину, мать которого болела диатезом...*

Женщина болеет обоими заболеваниями, поэтому в ее генотипе встречаются только рецессивные аллели. Если известно, что *мать мужчины страдала от диатеза, значит, в генотипе мужчины есть рецессивный признак геморрагического диатеза.* По условию задачи известно, что *аллель геморрагического диатеза сцеплена с X- и Y-хромосомой.* Значит, между этими *хромосомами может произойти кроссинговер.*

Дано: X^A – отсутствие диатеза X^a – геморрагический диатез X^B – нормальное зрение $X^в$ – дальтонизм	Решение: 1. P: ♀ $X^{ав}X^{ав}$ x ♂ $X^{aB}Y^A$ геморрагический диатез дальтонизм — отсутствие диатеза нормальное зрение G: $X^{ав}$ — X^{aB}, Y^A, X^{AB}, Y^a F_1: $X^{aB}X^{ав}$ – женский организм, геморрагический диатез, нормальное зрение, $X^{ав}Y^A$ – мужской организм, отсутствие диатеза, дальтонизм, $X^{AB}X^{ав}$ – женский организм, отсутствие диатеза, нормальное зрение, $X^{ав}Y^a$ – мужской организм, геморрагический диатез, дальтонизм.

3. Второе скрещивание

Текст задачи. *... В результате брака родилась здоровая дочь, которая вышла замуж за мужчину, болеющего геморрагическим диатезом...*

Кроссинговер происходит не только между Х- и Y-хромосомами, но и между Х-хромосомами.

Дано:	Решение:
X^A – отсутствие диатеза X^a – геморрагический диатез X^B – нормальное зрение $X^в$ – дальтонизм	1. P: ♀ $X^{ав}X^{ав}$ x ♂ $X^{aB}Y^A$ геморрагический диатез, дальтонизм — отсутствие диатеза, нормальное зрение G: $X^{ав}$ — X^{aB}, Y^A, X^{AB}, Y^a F_1: $X^{aB}X^{ав}$ – женский организм, геморрагический диатез, нормальное зрение, $X^{ав}Y^A$ – мужской организм, отсутствие диатеза, дальтонизм, $X^{AB}X^{ав}$ – женский организм, отсутствие диатеза, нормальное зрение, $X^{ав}Y^a$ – мужской организм, геморрагический диатез, дальтонизм. 2. P: ♀ $X^{AB}X^{ав}$ x ♂ $X^{aB}Y^a$ отсутствие диатеза, нормальное зрение — геморрагический диатез, нормальное зрение G: X^{AB}, $X^{ав}$, $X^{Ав}$, X^{aB} — X^{aB}, Y^a F_2: $X^{AB}X^{aB}$ – женский организм, отсутствие диатеза, нормальное зрение, $X^{AB}Y^a$ – мужской организм, отсутствие диатеза, нормальное зрение, $X^{aB}X^{ав}$ – женский организм, геморрагический диатез, нормальное зрение, $X^{ав}Y^a$ – мужской организм, геморрагический диатез, дальтонизм, $X^{Ав}X^{aB}$ – женский организм, отсутствие диатеза, нормальное зрение, $X^{Ав}Y^a$ – мужской организм, отсутствие диатеза, дальтонизм, $X^{aB}X^{aB}$ – женский организм, геморрагический диатеза, нормальное зрение, $X^{aB}Y^a$ – мужской организм, геморрагический диатез, нормальное зрение.

4. Объяснение рождения потомков первого поколения с двумя заболеваниями

Дано:	Решение:
X^A – отсутствие диатеза X^a – геморрагический диатез X^B – нормальное зрение $X^в$ – дальтонизм	1. P: ♀ $X^{ав}X^{ав}$ x ♂ $X^{aB}Y^A$ геморрагический диатез, дальтонизм; отсутствие диатеза, нормальное зрение G: $X^{ав}$; X^{aB}, Y^A, X^{AB}, Y^a F_1: $X^{aB}X^{ав}$ – женский организм, геморрагический диатез, нормальное зрение, $X^{ав}Y^A$ – мужской организм, отсутствие диатеза, дальтонизм, $X^{AB}X^{ав}$ – женский организм, отсутствие диатеза, нормальное зрение, $X^{ав}Y^a$ – мужской организм, геморрагический диатез, дальтонизм. 2. P: ♀ $X^{AB}X^{ав}$ x ♂ $X^{aB}Y^a$ отсутствие диатеза, нормальное зрение; геморрагический диатез, нормальное зрение G: X^{AB}, $X^{ав}$, $X^{Ав}$, X^{aB}; X^{aB}, Y^a F_2: $X^{AB}X^{aB}$ – женский организм, отсутствие диатеза, нормальное зрение, $X^{AB}Y^a$ – мужской организм, отсутствие диатеза, нормальное зрение, $X^{aB}X^{ав}$ – женский организм, геморрагический диатез, нормальное зрение, $X^{ав}Y^a$ – мужской организм, геморрагический диатез, дальтонизм, $X^{Ав}X^{aB}$ – женский организм, отсутствие диатеза, нормальное зрение, $X^{Ав}Y^a$ – мужской организм, отсутствие диатеза, дальтонизм, $X^{aB}X^{aB}$ – женский организм, геморрагический диатеза, нормальное зрение, $X^{aB}Y^a$ – мужской организм, геморрагический диатез, нормальное зрение. В первом браке возможно рождение сына-дальтоника с геморрагическим диатезом ($X^{ав}Y^a$). В генотипе этого ребенка находится материнская Х-хромосома с двумя рецессивными аллелями и отцовская Y-хромосома, образовавшаяся в результате кроссинговера.

Задачи для тренировки

1. На Х- и Y-хромосомах есть псевдоаутосомные участки, содержащие аллели одного гена, между которыми может происходить кроссинго-

вер. Один из этих генов связан с атрофией зрительного нерва. Аномалия развития кисти – рецессивный признак, который наследуется сцеплено с полом. В браке женщины с нормальным развитием кисти и атрофией зрительного нерва и гетерозиготного мужчины с аномалией развития кисти и нормальным зрительным нервом (мать мужчины гомозиготна по гену нормальной кисти) родилась дочь с атрофией зрительного нерва. Дочь вышла замуж за здорового мужчину. Определите генотипы родителей, генотипы, фенотипы и пол возможного потомства. Возможно ли рождение во втором браке ребенка, страдающего обоими заболеваниями?

2. На X- и Y-хромосомах есть псевдоаутосомные участки, содержащие аллели одного гена, между которыми может происходить кроссинговер. Один из этих генов связан аномалией развития кисти. Куриная слепота – рецессивный признак, который наследуется сцеплено с полом. В браке женщины с нормальным развитием кисти и куриной слепотой и гетерозиготного мужчины с аномалией развития кисти и нормальным зрением (мать мужчины гомозиготна по гену нормальной кисти) родилась дочь с аномалией развития кисти. Дочь вышла замуж за здорового мужчину. Определите генотипы родителей, генотипы, фенотипы и пол возможного потомства. Возможно ли рождение во втором браке ребенка, страдающего обоими заболеваниями? Ответ поясните.
3. На X- и Y-хромосомах есть псевдоаутосомные участки, содержащие аллели одного гена, между которыми может происходить кроссинговер. Один из этих генов связан с аномалией развития кисти. Отсутствие потовых желез – рецессивный признак, который наследуется сцеплено с полом. В браке женщины с нормальным развитием кисти и отсутствием потовых желез и гетерозиготного мужчины с аномалией развития кисти и наличием потовых желез (мать мужчины гомозиготна по гену нормальной кисти) родилась дочь с аномалией развития кисти. Дочь

вышла замуж за здорового мужчину. Определите генотипы родителей, генотипы, фенотипы и пол потомства. Возможно ли рождение во втором браке ребенка, страдающего обоими заболеваниями? Ответ поясните.

4. На X- и Y-хромосомах есть псевдоаутосомные участки, содержащие аллели одного гена, между которыми может происходить кроссинговер. Один из этих генов связан с пигментной ксеродермой (повышенную чувствительность к ультрафиолетовому излучению). Атрофия зрительного нерва – рецессивный признак, который наследуется сцеплено с полом. В браке женщины с пигментной ксеродермой и атрофией зрительного нерва и гетерозиготного здорового мужчины (мать мужчины гомозиготна по гену пигментной ксеродермы) родилась здоровая дочь. Дочь вышла замуж за мужчину с пигментной ксеродермой и нормальным зрительным нервом. Определите генотипы родителей, генотипы, фенотипы и пол потомства. Возможно ли рождение в первом браке ребенка, страдающего обоими заболеваниями? Ответ поясните.
5. На X- и Y-хромосомах есть псевдоаутосомные участки, содержащие аллели одного гена, между которыми может происходить кроссинговер. Один из этих генов связан пигментной ксеродермой (повышенную чувствительность к ультрафиолетовому излучению). Ихтиоз – рецессивный признак, который наследуется сцеплено с полом. В браке женщины с пигментной ксеродермой и ихтиозом и гетерозиготного здорового мужчины (мать мужчины гомозиготна по гену пигментной ксеродермы) родилась здоровая дочь. Дочь вышла замуж за мужчину с пигментной ксеродермой и без ихтиоза. Определите генотипы родителей, генотипы, фенотипы и пол потомства. Возможно ли рождение в первом браке ребенка, страдающего обоими заболеваниями? Ответ поясните.

VII. Задачи на наследование групп крови

Пример задачи. *Группа крови (I) и резус-фактор (R) – аутосомные несцепленные признаки. В браке женщины с III группой крови и положитель-*

ным резус-фактором и мужчины с I группой крови и отрицательным резусом-фактором родился сын с отрицательным резус-фактором. Составьте схему решения задачи. Определите генотипы родителей, генотипы и фенотипы потомков. Какова вероятность рождения в данном браке детей, фенотипически сходных по рассматриваемым признакам с матерью?

Решение

1. Генотипы групп крови и резус-факторов

Генотипы групп крови (табл. 6) и резус-факторов (табл. 7) необходимо запомнить.

Таблица 6 – Генотипы групп крови

I группа крови	II группа крови	III группа крови	IV группа крови
I^0i^0	I^AI^A I^ai^0	I^BI^B I^Bi^0	I^AI^B

Таблица 7 – Генотипы резус-факторов

Положительный резус-фактор	Отрицательный резус-факторов
RR Rr	rr

2. Генотипы родителей

Текст задачи. *...В браке женщины с III группой крови и положительным резус-фактором и мужчины с I группой крови и отрицательным резусом-фактором родился сын с отрицательным резус-фактором...*

У мужчины I группа группы и отрицательный резус-фактор, поэтому у него только *один вариант генотипа* – i^0i^0rr.

У женщины III группа крови и положительный резус-фактор, поэтому у нее *несколько вариантов генотипа* – I^BI^BRR, I^Bi^0RR, I^BI^BRr, I^Bi^0Rr. Если известно, что она *родила сына с отрицательным резус-фактором*, значит, у нее остается только *два варианта генотипа* – I^BI^BRr, I^Bi^0Rr.

Дано:	

i^0i^0rr – генотип отца I^BI^BRr и I^Bi^0Rr – генотип матери	

3. Схемы решения задач

Т.к. в данной задаче невозможно точно определить генотип матери, *необходимо провести два скрещивания.*

Дано: i^0i^0rr – генотип отца I^BI^BRr или I^Bi^0Rr – генотип матери	Решение: 1. P: ♀ I^BI^BRr x ♂ i^0i^0rr третья группа, положительный резус-фактор; первая группа, отрицательный резус-фактор G: I^BR, I^Br; i^0r F_1: I^Bi^0Rr – третья группа крови, положительный резус-фактор, I^Bi^0rr – третья группа крови, отрицательный резус-фактор. 2. P: ♀ I^Bi^0Rr x ♂ i^0i^0rr третья группа, положительный резус-фактор; первая группа, отрицательный резус-фактор G: I^BR, I^Br, i^0R, i^0r; i^0r F_1: I^Bi^0Rr – третья группа крови, положительный резус-фактор, I^Bi^0rr – третья группа крови, отрицательный резус-фактор, i^0i^0Rr – первая группа крови, положительный резус-фактор, i^0i^0rr – первая группа крови, отрицательный резус фактор.

4. Объяснение вероятности рождения в детей, сходных с матерью

Дано: i^0i^0rr – генотип отца I^BI^BRr или I^Bi^0Rr – генотип матери	Решение: 1. P: ♀ I^BI^BRr x ♂ i^0i^0rr третья группа, положительный резус-фактор; первая группа, отрицательный резус-фактор G: I^BR, I^Br; i^0r F_1: I^Bi^0Rr – третья группа крови, положительный резус-фактор, I^Bi^0rr – третья группа крови, отрицательный резус-фактор. 2. P: ♀ I^Bi^0Rr x ♂ i^0i^0rr третья группа, положительный резус-фактор; первая группа, отрицательный резус-фактор G: I^BR, I^Br, i^0R, i^0r; i^0r F_2: I^Bi^0Rr – третья группа крови, положительный резус-фактор, I^Bi^0rr – третья группа крови, отрицательный резус-фактор,

	i^0i^0Rr – первая группа крови, положительный резус-фактор, i^0i^0rr – первая группа крови, отрицательный резус фактор. Вероятность рождения детей, фенотипически сходных по рассматриваемым признакам с матерью (третья группа крови, положительный резус-фактор), составляет 25% в случае, если мать гетерозиготна по аллелям группы крови, и 50%, если мать гомозиготна по аллелям группы крови.

Задачи для тренировки

1. Группа крови и резус-фактор – аутосомные несцепленные признаки. Женщина со второй группой крови и положительным резус-фактором вышла замуж за мужчину с четвертой группой крови и отрицательным резус-фактором. В результате родился ребенок с отрицательным резус-фактором. Составьте схему решения задачи. Определите генотипы родителей, генотипы и фенотипы потомков. Какова вероятность рождения в данном браке детей, фенотипически сходных с матерью?
2. Группа крови и резус-фактор – аутосомные несцепленные признаки. Женщина с третьей группой крови и положительным резус-фактором (гомозиготна по данному признаку) вышла замуж за мужчину с первой группой крови и отрицательным резус-фактором. Определите генотипы родителей, генотипы и фенотипы возможного потомства. Составьте схему решения задачи. Определите вероятность рождения детей, фенотипически сходных с матерью по указанным признакам. Ответ поясните.
3. Группа крови (I) и резус-фактор (R) – аутосомные несцепленные признаки. Группа крови контролируется тремя аллелями одного гена: i^0, I^A, I^B. В браке женщины с первой группой крови, положительным резус-фактором и мужчины с третьей группой крови, положительным резус-фактором родился ребенок с отрицательным резус-фактором. Составьте схему решения задачи. Определите генотипы родителей, возможные генотипы и фенотипы потомства. Какова вероятность рождения в этой семье ребенка с отрицательным резус-фактором?

4. Ген группы крови человека имеет три аллеля: i^0, I^A, I^B. Аллели I^A и I^B кодоминантны (в гетерозиготе проявляются оба), и они оба доминантны по отношению к аллелю i^0. Резус-фактор наследуется независимо от группы крови, положительный резус R доминирует над отрицательным г. Женщина со второй группой крови и отрицательным резусом, мать которой имела первую группу крови, выходит замуж за мужчину с четвертой группой крови и положительным резусом. Составьте схему решения задачи. Какова вероятность рождения ребенка с третьей группой и отрицательным резусом?
5. Ген группы крови человека имеет три аллеля: i^0, I^A, I^B. Аллели I^A и I^B кодоминантны (в гетерозиготе проявляются оба), и они оба доминантны по отношению к аллелю i^0. Резус-фактор наследуется независимо от группы крови, положительный резус R доминирует над отрицательным г. Мужчина с первой группой крови и положительным резус-фактором женился на женщине с третьей группой и отрицательным резусом. С какой вероятностью в этом браке может родиться ребенок с первой группой крови и отрицательным резус-фактором?

VIII. Задачи на хромосомное картирование

Пример задачи. *Красные глаза, черное тело и зачаточные крылья – рецессивные признаки. Они локализованы в одной хромосоме. При анализирующем скрещивании особи с белыми глазами и серым телом доля потомков с родительскими признаками составляет 16%. При скрещивании самка с серым телом и нормальными крыльями, одна из родительских форм которой была дигомозиготной по доминантным признакам, с самцом с черным телом и зачаточными крыльями в потомстве было получено расщепление230:230:20:20.*

Составьте схемы скрещивания. Определите генотипы и фенотипы родителей и потомков. Определите расстояние между генами A, B, C в морганидах и в соответствии с полученными данными постройте генетическую карту расположения указанных генов.

Решение

1. ***Определение доминантных и рецессивных признаков***

Текст задачи. *... Красные глаза, черное тело и зачаточные крылья – рецессивные признаки. Они локализованы в одной хромосоме...*

Дано: A – белые глаза a – красные глаза B – серое тело в – черное тело D – нормальные крылья d – зачаточные крылья	

2. Первое скрещивание

Текст задачи. *...При анализирующем скрещивании особи с белыми глазами и серым телом доля потомков с родительскими признаками составляет 16%...*

Если известно, что *в результате анализирующего скрещивания образуется не один генотип*, то *одна из особей должна быть гетерозиготна*. В классическом анализирующем скрещивании расщепление по фенотипу 1:1:1:1, но по условию задачи один из генотипов составляет 16%. Значит, *происходит кроссинговер* и *кроссоверные гаметы составляют меньшую часть и входят в состав меньшего количества генотипов.*

Дано: A – белые глаза a – красные глаза B – серое тело в – черное тело D – нормальные крылья d – зачаточные крылья	Решение: 1. P: ♀ AaBв (белые глаза, серое тело) x ♂ aaвв (красные глаза, черное тело) G: Aв, aB, AB, ав F_1: Aaвв – белые глаза, черное тело, aaBв – красные глаза, серое тело, AвBв – белые глаза, серое тело, Aaвв – красные глаза, черное тело.

3. Второе скрещивание

Текст задачи. *...При скрещивании самок с серым телом и нормальными крыльями, одна из родительских форм которого была дигомозиготной по доминантным признакам, с самцами с черным телом и зачаточными крыльями в потомстве было получено расщепление 230:230:20:20...*

Если в результате скрещивания *образуется четыре фенотипических группы,* то *одна из особей должна быть дигетерозиготна.* Также *происходит кроссинговер. Кроссоверные гаметы составляют меньшую часть.*

Дано:	Решение:
A – белые глаза a – красные глаза B – серое тело в – черное тело D – нормальные крылья d – зачаточные крылья	1. P: ♀ AaBв (белые глаза, серое тело) x ♂ aaвв (красные глаза, черное тело) G: Aв, aB, AB, ав; ав F_1: Aaвв – белые глаза, черное тело, aaBв – красные глаза, серое тело, AвBв – белые глаза, серое тело, Aaвв – красные глаза, черное тело. 2. P: ♀ BbDd (серое тело, нормальные крылья) x ♂ bbdd (черное тело, зачаточные крылья) G: BD, bd, Bd, bD; bd F_2: BbDd – серое тело, нормальные крылья (230 особей), bbdd – черное тело, зачаточные крылья (230 особей), Bbdd – серое тело, зачаточные крылья (20 особей), bbDd – черное тело, нормальные крылья (20 особей).

4. Генетические карты

Текст задачи. *... При анализирующем скрещивании особи с белыми глазами и серым телом доля потомков с родительскими признаками составляет 16%...*

Расстояние между генами можно определить по процентам кроссинговера. *Расстояние между генами А и В равна 16 морганид, т.к. процент кроссинговера составляет 16%.*

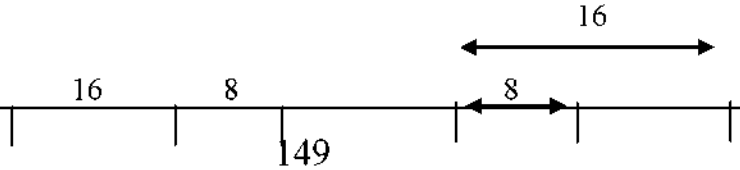
Текст задачи. *...При скрещивании самок с серым телом и нормальными крыльями, одна из родительских форм которого была дигомозиготной по доминантным признакам, с самцами с черным телом и зачаточными крыльями в потомстве было получено расщепление 230:230:20:20.*

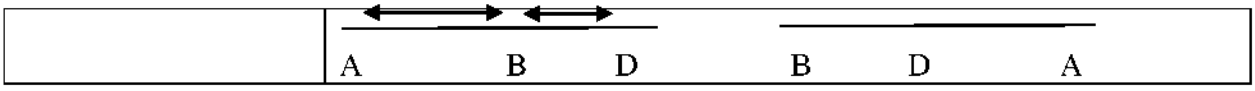
Определить расстояние между генами B и D можно по формуле:

Расстояние между генами = (кроссоверные потомки/все потомки)*100%

Расстояние между генами B и D = (20+20/230+230+20+20)*100% = 8 морганид

Таким образом, генетические карты могут быть двух видов.

Дано:	Решение:
A – белые глаза a – красные глаза B – серое тело в – черное тело D – нормальные крылья d – зачаточные крылья	1. P: ♀ AaBв (белые глаза, серое тело) x ♂ aaвв (красные глаза, черное тело) G: Aв, aB, AB, ав ; ав F_1: Aaвв – белые глаза, черное тело, aaBв – красные глаза, серое тело, AвBв – белые глаза, серое тело, Aaвв – красные глаза, черное тело. 2. P: ♀ BbDd (серое тело, нормальные крылья) x ♂ bbdd (черное тело, зачаточные крылья) G: BD, bd, Bd, bD ; bd F_2: BbDd – серое тело, нормальные крылья (230 особей), bbdd – черное тело, зачаточные крылья (230 особей), Bbdd – серое тело, зачаточные крылья (20 особей), bbDd – черное тело, нормальные крылья (20 особей). Генетические карты могут быть двух видов: 



Задачи для тренировки

1. При скрещивании растения со сложными соцветиями и красными ягодами и растениями с простыми соцветиями и розовыми ягодами образовались потомки с простыми соцветиями и красными ягодами. При анализирующем скрещивании гибридного потомка были получены четыре фенотипа, две из которых составляют по 10% от общего числа особей. Составьте схемы скрещивания. Укажите генотипы родителей, генотипы и фенотипы потом ков, а также долю каждой группы в анализирующем скрещивании. Постройте генетическую карту для указанных выше генов, укажите на ней местоположение каждого гена и расстояние между ними, определите тип наследования генов указанных выше признаков.
2. При скрещивании растения с красными плодами и высоким ростом и растениями с розовыми плодами и карликовым ростом образовалось потомство с красными плодами и карликовым ростом. В анализирующим скрещивании гибридного потомка были получены четыре фенотипа, две из которых составляют по 8% от общего числа особей. Составьте схемы скрещивания. Укажите генотипы родителей, генотипы и фенотипы потомков, а также долю каждой группы в анализирующем скрещивании. Постройте генетическую карту для указанных выше генов, укажите на ней местоположение каждого гена и расстояние между ними, определите тип наследования генов признаков.
3. При скрещивании растения с овальными листьями и красными плодами и растениями с округлыми растениями и розовыми плодами образовалось потомство с овальными листьями и розовыми плодами. В анализирующим скрещивании гибридного потомка были получены четыре фенотипа, две из которых составляют по 13% от общего числа особей. Составьте схемы скрещивания. Укажите генотипы родителей, геноти-

пы и фенотипы потомков, а также долю каждой группы в анализирующем скрещивании. Постройте генетическую карту для указанных выше генов, укажите на ней местоположение каждого гена и расстояние между ними, определите тип наследования генов указанных выше признаков.

4. При скрещивании растения с простыми соцветиями и высоким ростом и растениями с сложными соцветиями и карликовым ростом образовались высокие растения со сложными соцветиями. В анализирующим скрещивании гибридного потомка были получены четыре фенотипа, две из которых составляют по 19% от общего числа особей. Составьте схемы скрещивания. Укажите генотипы родителей, генотипы и фенотипы потомков, а также долю каждой группы в анализирующем скрещивании. Постройте генетическую карту для указанных выше генов, укажите на ней местоположение каждого гена и расстояние между ними, определите тип наследования генов указанных выше признаков.
5. При скрещивании особи с короткой и кудрявой шерстью и организма с длинной и прямой шерстью образовалось потомство с короткой прямой шерстью. В анализирующим скрещивании гибридного потомка были получены четыре фенотипа, две из которых составляют по 22% от общего числа особей. Постройте генетическую карту, укажите на ней местоположение каждого гена и расстояние между ними, определите тип наследования генов указанных выше признаков.

ОТВЕТЫ

Моногибридное скрещивание				
1. 31	2. Аа, аа	3. не могут	4. А – кудрявая шерсть а – гладкая шерсть Родители: ♀ - Аа, ♂ - Аа Потомки: АА, Аа, Аа, аа	5. 50%
6. 25%	7. А – черная шерсть, а – коричневая шерсть Первое скрещивание: родители – ♀ - АА, ♂ - аа, потомки – Аа Вторая скрещивание: родители – ♀ - Аа, ♂ - аа, потомки – Аа, аа	8. а – альбинизм Родители: ♀ - Аа, ♂ - Аа Потомки: АА, Аа, Аа, аа	9. А – черная окраска	10. А – черная окраска
11. А – устойчивость к ДДТ	12. Первое скрещивание: родители – ♀ - АА, ♂ - аа, потомки – Аа Вторая скрещивание: родители – ♀ - Аа, ♂ - аа, потомки – Аа, аа	13. А – карие глаза У отца должны быть карие глаза (Аа)	14. А – серая окраска Родители: ♀ - Аа, ♂ - Аа	15. А – пурпурный цвет, а – белый цвет. Доминирование полное

Неполное доминирование				
1. АА (нормальная форма), Аа, Аа (промежуточная форма), аа (листовидная форма)	2. А – черная окраска	3. Родители: ♀ - Аа, ♂ - Аа Потомки: АА, Аа, Аа, аа	4. Родители: ♀ - АА, ♂ - аа Потомки: Аа	5. Аа (сниженное содержание каталазы)
6. 50%	7. АА (длинные уши), Аа, Аа (короткие уши), аа (безухие)	8. Родители: ♀ - Аа, ♂ - Аа Потомки: АА, Аа, Аа, аа	9. АА (черная окраска), Аа, Аа (чалая масть), аа (белая окраска)	10. 100%

11. АА, Аа, Аа, аа Соотношение 1:2:1	12. 50%	13. 100%	14. 50%	15. 0%

Группы крови и резус-фактор				
1. II и III группы крови	2. 0%	3. Первая пара родителей (I и II группа крови) – ребенок с I группой крови Вторая пара родителей (II и IV группа крови) – ребенок со II группой крови	4. Ребенок был рожден от этого мужчины, значит, отец должен платить алименты	5. I, II, III и IV группы крови
6. Отрицательный резус-фактор, II или IV группа крови	7. II и III группа крови	8. $RrI^{A;0}$, $rrI^{A;0}$ или $RrI^{B;0}$, $rrI^{B;0}$	9. нет	10. II и III группы крови
11. I, II и III группы крови	12. Две группы крови – I и III группы крови	13. 0%	14. При гетерозиготном отце – 50% При гомозиготном отце – 0%	15. IV группа крови

Дигибридное скрещивание				
1. ♀ - АаВв, ♂ - АаВв	2. 100%	3. ♀ - АаВв, ♂ - аавв	4. А – белая окраска, В – дисковидная форма Родители: ♀ - ААВВ, ♂ - аавв Потомки: АаВв	5. аавв – особь с коричневой длинной шерстью
6. Родители: ♀ - ааВв, ♂ - Аавв Потомки: АаВв, ааВв, Аавв, аавв	7. Родители: ♀ - ААвв, ♂ - ааВв Потомки: АаВв, Аавв	8. 2400	9. 18,75%	10. Если родители гетерозиготны по одному из признаков – 25% Если родители гомозиготны – 100%
11. 6,25%	12. 6,25%	13. Если родители гетерозиготны по одному из признаков – 25% Если родители	14. ААВВ. аавв	

		гомозиготны – 0%	
15. Потомки с красными цветками и нормальной формой (3 генотипа), розовыми цветками нормальной формы (5 генотипов), белыми цветками нормальной формы (3 генотипа), красными пилорической формы (1 генотип), розовыми пилорической формы (2 генотипа), белыми цветками пилорической формы (1 генотип)			

Сцепленное наследование				
1. $X^{AB}X^{Ab}$ – девочка, есть катаракта и элиптоцитоз $X^{Ab}Y$ – мальчик, есть катаракта, нет элиптоцитоза $X^{AB}X^{aB}$ – девочка, есть катаракта и элиптоцитоз $X^{aB}Y$ – мальчик, нет катаракты, есть элиптоцитоз	2. $X^{AB}X^{ab}$, $X^{ab}Y$	3. Сцепленное	4. Сцепленно	5. Два фенотипа
6. Три генотипа				
7. Три генотипа				
8. Родители: ♀ - аавв (черное тело, укороченные крылья), ♂ - АаВв (серое тело, нормальные крылья) Потомки: АаВв (серое тело, нормальные крылья), аавв (черное тело, укороченные крылья)				
9. Первое скрещивание: родители – ♀ - аавв, ♂ - ААВВ, потомки – АаВв (коричневая окраска, длинные крылья) Второе скрещивание: родители – ♀ - аавв, ♂ - АаВв, потомки – АаВв (коричневая окраска, длинные крылья), аавв (черная окраска, укороченные крылья)				
10. Первое скрещивание: родители – ♀ - аавв (коричневая окраска, длинные крылья), ♂ - ААВВ (белая окраска, короткие крылья), потомки – АаВв (белая окраска, короткие крылья) Второе скрещивание: родители – ♀ - аавв (коричневая окраска, длинные крылья), ♂ - АаВв (белая окраска, короткие крылья), потомки – АаВв (белая окраска, короткие крылья), аавв (коричневая окраска, длинные крылья)				
11. Первое скрещивание: родители – ♀ - ааВВ (нормальные листья, нормальный рост), ♂ - ААвв (скрученные листья, карликовость), потомки – АаВв (скрученные листья, нормальный рост) Второе скрещивание: родители – ♀ - АаВв (скрученные листья, нормальный рост), ♂ - аавв (нормальные листья, карликовость), потомки – АаВв (скрученные листья, нормальный рост), Аавв (скрученные листья, карликовость), ааВв (нормальные листья, нормальный рост), аавв (нормальные листья, карликовость)				
12. Первое скрещивание: родители – ♀ - $X^{Ab}X^{aB}$ (нормальное зрение, есть потовые железы), ♂ - $X^{aB}Y$ (дальтонизм, есть потовые железы), потомки – $X^{Ab}X^{aB}$ (девочка, нормальное зрение, есть потовые железы), $X^{Ab}Y$ (мальчик, нормальное зрение, нет потовых желез), $X^{AB}X^{aB}$ (девочка, нормальное зрение, есть потовые железы), $X^{AB}Y$ (мальчик, нор-				

мальное зрение, есть потовые железы), $X^{aB}X^{aB}$ (девочка, дальтонизм, есть потовые железы), $X^{aB}Y$ (мальчик, дальтонизм, есть потовые железы), $X^{aB}X^{ab}$ (девочка, дальтонизм, есть потовые железы), $X^{ab}Y$ (мальчик, дальтонизм, нет потовых желез) Второе скрещивание: родители – ♀ - $X^{AB}X^{aB}$ (нормальное зрение, есть потовые железы), ♂ - $X^{AB}Y$ (нормальное зрение, есть потовые железы), потомки – $X^{AB}X^{AB}$ (девочка, нормальное зрение, есть потовые железы), $X^{AB}Y$ (мальчик, нормальное зрение, есть потовые железы), $X^{AB}X^{aB}$ (девочка, нормальное зрение, есть потовые железы), $X^{aB}Y$ (мальчик, дальтонизм, есть потовые железы)
13. Первое скрещивание: родители – ♀ - $X^{AB}X^{aB}$ (нормальное зрение, нормальная свертываемость крови), ♂ - $X^{AB}Y$ (нормальное зрение, нормальная свертываемость крови), потомки – $X^{AB}X^{AB}$ (девочка, нормальное зрение, нормальная свертываемость крови), $X^{AB}Y$ (мальчик, нормальное зрение, нормальная свертываемость крови), $X^{AB}X^{Ав}$ (девочка, нормальное зрение, нормальная свертываемость крови), $X^{Ав}Y$ (мальчик, нормальное зрение, гемофилия), $X^{AB}X^{aB}$ (девочка, нормальное зрение, нормальная свертываемость крови), $X^{aB}Y$ (мальчик, дальтонизм, нормальная свертываемость крови), $X^{AB}X^{ab}$ (девочка, нормальное зрение, нормальная свертываемость крови), $X^{ab}Y$ (мальчик, дальтонизм, гемофилия) Второе скрещивание: родители – ♀ - $X^{aB}X^{ав}$ (дальтониз, нормальная свертываемость крови), ♂ - $X^{AB}Y$ (нормальное зрение, нормальная свертываемость крови), потомки – $X^{AB}X^{aB}$ (девочка, нормальное зрение, нормальная свертываемость крови), $X^{aB}Y$ (мальчик, дальтонизм, нормальная свертываемость крови), $X^{AB}X^{ав}$ (девочка, нормальное зрение, нормальная свертываемость крови), $X^{ав}Y$ (мальчик, дальтонизм, гемофилия)
14. Первое скрещивание: родители – ♀ - $X^{Ав}X^{aB}$ (нормальное зрение, нормальная свертываемость крови), ♂ - $X^{AB}Y$ (нормальное зрение, нормальная свертываемость крови), потомки – $X^{AB}X^{AB}$ (девочка, нормальное зрение, нормальная свертываемость крови), $X^{AB}Y$ (мальчик, нормальное зрение, нормальная свертываемость крови), $X^{AB}X^{Ав}$ (девочка, нормальное зрение, нормальная свертываемость крови), $X^{Ав}Y$ (мальчик, нормальное зрение, гемофилия), $X^{AB}X^{aB}$ (девочка, нормальное зрение, нормальная свертываемость крови), $X^{aB}Y$ (мальчик, куриная слепота, нормальная свертываемость крови), $X^{AB}X^{ab}$ (девочка, нормальное зрение, нормальная свертываемость крови), $X^{ab}Y$ (мальчик, куриная слепота, гемофилия) Второе скрещивание: родители – ♀ - $X^{AB}X^{Ав}$ (нормальное зрение, нормальная свертываемость крови), ♂ - $X^{AB}Y$ (нормальное зрение, нормальная свертываемость крови), потомки – $X^{AB}X^{AB}$ (девочка, нормальное зрение, нормальная свертываемость крови), $X^{AB}Y$ (мальчик, нормальное зрение, нормальная свертываемость крови), $X^{AB}X^{aB}$ (девочка, нормальное зрение, нормальная свертываемость крови), $X^{Ав}Y$ (мальчик, нормальное зрение, гемофилия)
15. А – красные глаза, а – пурпурные глаза, В – нормальные крылья, в – короткие крылья

Наследование генов, локализованных в половых хромосомах
1. Красный и белый цвет глаз
2. Родители – ♀ - $X^{A}X^{a}$ (нормальное зрение), ♂ - $X^{A}Y$ (нормальное зрение), потомки – $X^{A}X^{A}$ (девочка, нормальное зрение), $X^{A}Y$ (мальчик, нормальное зрение), $X^{A}X^{a}$ (девочка, нормальное зрение), $X^{a}Y$ (мальчик, дальтонизм)
3. Родители – ♀ - $X^{A}X^{a}$ (темные зубы), ♂ - $X^{A}Y$ (темные зубы), потомки – $X^{A}X^{A}$ (девочка, темные зубы), $X^{A}Y$ (мальчик, темные зубы), $X^{A}X^{a}$ (девочка, темные зубы), $X^{a}Y$ (мальчик, светлые зубы)
4. 0%
5. $X^{A}Y$ – кот, черная окраска, $X^{A}X^{A}$ – кошка, черная окраска, $X^{A}X^{a}$ – кошка, черепаховая окраска

6. Родители – ♀ - $X^{Ab}X^{Ab}$ (дальтонизм, нормальная свертываемость крови), ♂ - $X^{aB}Y$ (нормальное зрение, гемофилия), потомки – $X^{Ab}X^{aB}$ (девочка, нормальное зрение, нормальная свертываемость крови), $X^{Ab}Y$ (мальчик, дальтонизм, нормальная свертываемость крови)

7. AA, Aa, Aa, aa

8. Первое скрещивание: родители – ♀ - $X^{Ab}X^{aB}$ (нормальный зрительный нерв, нормальное зрение), ♂ - $X^{AB}Y$ (нормальный зрительный нерв, нормальное зрение), потомки – $X^{AB}X^{AB}$ (девочка, нормальный зрительный нерв, нормальное зрение), $X^{AB}Y$ (мальчик, нормальный зрительный нерв, нормальное зрение), $X^{AB}X^{Ab}$ (девочка, нормальный зрительный нерв, нормальное зрение), $X^{Ab}Y$ (мальчик, нормальный зрительный нерв, куриная слепота), $X^{AB}X^{aB}$ (девочка, нормальный зрительный нерв, нормальное зрение), $X^{aB}Y$ (мальчик, атрофия зрительного нерва, нормальное зрение), $X^{AB}X^{ab}$ (девочка, нормальный зрительный нерв, нормальное зрение), $X^{ab}Y$ (мальчик, атрофия зрительного нерва, куриная слепоты)
Второе скрещивание: родители – ♀ - $X^{AB}X^{aB}$ (нормальный зрительный нерв, нормальное зрение), ♂ - $X^{AB}Y$ (нормальный зрительный нерв, нормальное зрение), потомки – $X^{AB}X^{AB}$ (девочка, нормальный зрительный нерв, нормальное зрение), $X^{AB}Y$ (мальчик, нормальный зрительный нерв, нормальное зрение), $X^{AB}X^{aB}$ (девочка, нормальный зрительный нерв, нормальное зрение), $X^{aB}Y$ (мальчик, атрофия зрительного нерва, нормальное зрение)

9. Первое скрещивание: родители – ♀ - $X^{Ab}X^{aB}$ (нет мышечной дистрофии, нет атрофии зрительного нерва), ♂ - $X^{AB}Y$ (нет мышечной дистрофии, нет атрофии зрительного нерва), потомки – $X^{AB}X^{AB}$ (девочка, нет мышечной дистрофии, нет атрофии зрительного нерва), $X^{AB}Y$ (мальчик, нет мышечной дистрофии, нет атрофии зрительного нерва), $X^{AB}X^{Ab}$ (девочка, нет мышечной дистрофии, нет атрофии зрительного нерва), $X^{Ab}Y$ (мальчик, нет мышечной дистрофии, атрофия зрительного нерва), $X^{AB}X^{aB}$ (девочка, нет мышечной дистрофии, нет атрофии зрительного нерва), $X^{aB}Y$ (мальчик, мышечная дистрофия, нет атрофии зрительного нерва), $X^{AB}X^{ab}$ (девочка, нет мышечной дистрофии, нет атрофии зрительного нерва), $X^{ab}Y$ (мальчик, мышечная дистрофия, атрофия зрительного нерва)
Второе скрещивание: родители – ♀ - $X^{AB}X^{Ab}$ (нет мышечной дистрофии, нет атрофии зрительного нерва), ♂ - $X^{AB}Y$ (нет мышечной дистрофии, нет атрофии зрительного нерва), потомки – $X^{AB}X^{AB}$ (девочка, нет мышечной дистрофии, нет атрофии зрительного нерва), $X^{AB}Y$ (мальчик, нет мышечной дистрофии, нет атрофии зрительного нерва), $X^{AB}X^{aB}$ (девочка, нет мышечной дистрофии, нет атрофии зрительного нерва), $X^{Ab}Y$ (мальчик, нет мышечной дистрофии, атрофия зрительного нерва)

10. Первое скрещивание: родители – ♀ - $X^{Ab}X^{aB}$ (нормальное зрение, нормальная кожа), ♂ - $X^{AB}Y$ (нормальное зрение, нормальная кожа), потомки – $X^{AB}X^{AB}$ (девочка, нормальное зрение, нормальная кожа), $X^{AB}Y$ (мальчик, нормальное зрение, нормальная кожа), $X^{AB}X^{Ab}$ (девочка, нормальное зрение, нормальная кожа), $X^{Ab}Y$ (мальчик, нормальное зрение, ихтиоз), $X^{AB}X^{aB}$ (девочка, нормальное зрение, нормальная кожа), $X^{aB}Y$ (мальчик, куриная слепота, нормальная кожа), $X^{AB}X^{ab}$ (девочка, нормальное зрение, нормальная кожа), $X^{ab}Y$ (мальчик, куриная слепота, ихтиоз)
Второе скрещивание: родители – ♀ - $X^{AB}X^{Ab}$ (нормальное зрение, нормальная кожа), ♂ - $X^{AB}Y$ (нормальное зрение, нормальная кожа), потомки – $X^{AB}X^{AB}$ (девочка, нормальное зрение, нормальная кожа), $X^{AB}Y$ (мальчик, нормальное зрение, нормальная кожа), $X^{AB}X^{aB}$ (девочка, нормальное зрение, нормальная кожа), $X^{Ab}Y$ (мальчик, нормальное зрение, ихтиоз)

11. Первое скрещивание: родители – ♀ - $X^{Ab}X^{aB}$ (нет мышечной дистрофии, нормальное зрение), ♂ - $X^{AB}Y$ (нет мышечной дистрофии, нормальное зрение), потомки – $X^{AB}X^{AB}$ (девочка, нет мышечной дистрофии, нормальное зрение), $X^{AB}Y$ (мальчик, нет мышечной дистрофии, нормальное зрение), $X^{AB}X^{Ab}$ (девочка, нет мышечной дистрофии, нор-

мальное зрение), $X^{Ab}Y$ (мальчик, нет мышечной дистрофии, куриная слепота), $X^{AB}X^{aB}$ (девочка, нет мышечной дистрофии, нормальное зрение), $X^{aB}Y$ (мальчик, мышечная дистрофия, нормальное зрение) $X^{AB}X^{ab}$ (девочка, нет мышечной дистрофии, нормальное зрение), $X^{ab}Y$ (мальчик, мышечная дистрофия, куриная слепота) Второе скрещивание: родители – ♀ - $X^{AB}X^{Ab}$ (нет мышечной дистрофии, нормальное зрение), ♂ - $X^{AB}Y$ (нет мышечной дистрофии, нормальное зрение), потомки – $X^{AB}X^{AB}$ (девочка, нет мышечной дистрофии, нормальное зрение), $X^{AB}Y$ (мальчик, нет мышечной дистрофии, нормальное зрение), $X^{AB}X^{aB}$ (девочка, нет мышечной дистрофии, нормальное зрение), $X^{Ab}Y$ (мальчик, нет мышечной дистрофии, куриная слепота)
12. ♀ - $X^{A}X^{a}$, ♂ - $X^{A}Y$
13. От матери
14. $X^{AB}X^{aB}$ – девочка, нормальная пигментация кожи, нормальная свертываемость крови, $X^{aB}Y$ – мальчик, альбинизм, нормальная свертываемость крови
15. ♀ - $X^{A}X^{a}$, ♂ - $X^{a}Y$

Задачи первой части ЕГЭ				
I. Моногибридное скрещивание				
1. 50	2. 2	3. 211	4. 25	5. 31
6. 211	7. 25	8. 211	9. 50	10. 75
II. Неполное доминирование				
1. 50	2. 1	3. 50	4. 100	5. 3
6. 211	7. 211	8. 50	9. 100	10. 100
III. Y-сцепленное наследование				
1. 11	2. 50	3. 0	4. 11	5. 50
6. 0	7. 0	8. 0	9. 0	10. 0
IV. X-сцепленное наследование				
1. 11	2. 100	3. 0	4. 25	5. 2
6. 50	7. 50	8. 0	9. 31	10. 25
V. Летальный ген				
1. 21	2. 100	3. 0	4. 21	5. 21
6. 21	7. 21	8. 2000	9. 11	10. 0
VI. Дигибридное скрещивание				
1. 1	2. 1	3. 1111	4. 25	5. 9331
6. 2	7. 9331	8. 12,5	9. 25	10. 1
VII. Анализирующее скрещивание				
1. 1111	2. 4	3. 2	4. 25	5. 1111
6. 1111	7. 25	8. 11	9. 1111	10. 11
VIII. Сцепление генов				
1. 75	2. 0	3. 0	4. 11	5. 11
6. 2	7. 2	8. 2	9. 2	10. 1
IX. Родословные				
1. 50	2. 1	3. 50	4. 100	5. 50
6. 75	7. 0	8. 1	9. 25	10. 25
X. Группы крови				
1. 0	2. 0	3. 4	4. 100	5. 2
6. 0	7. 0	8. 4	9. 0	10. 25

Задачи второй части ЕГЭ
I. Задачи на летальные гены

1. Дано: АА – гибель Аа – серая шерсть аа – черная шерсть В – наличие рогов в – отсутствие рогов	Решение: 1. Р: ♀ АаВв (серая шерсть, наличие рогов) х ♂ АаВв (серая шерсть, наличие рогов) G: АВ, Ав, аВ, ав / АВ, Ав, аВ, ав F_1: ААВВ – гибель, ААВв – гибель, АаВВ – серая шерсть, наличие рогов, АаВв – серая шерсть, наличие рогов, ААВв – гибель, ААвв – гибель, АаВв – серая шерсть, наличие рогов, Аавв – серая шерсть, отсутствие рогов, АаВВ – серая шерсть, наличие рогов, АаВв – серая шерсть, наличие рогов, ааВВ – черная шерсть, наличие рогов, ааВв – черная шерсть, наличие рогов, АаВв – серая шерсть, наличие рогов, Аавв – серая шерсть, отсутствие рогов, ааВв – черная шерсть, наличие рогов, аавв – черная шерсть, отсутствие рогов. 2. Р: ♀ АаВВ (серая шерсть, наличие рогов) х ♂ АаВВ (серая шерсть, наличие рогов) G: АВ, аВ / АВ, аВ F_2: ААВВ – гибель, АаВВ – серая шерсть, наличие рогов, АаВВ – серая шерсть, наличие рогов, ааВВ – черная шерсть, наличие рогов. В первом скрещивании потомство с генотипами ААВВ, ААВв, ААвв погибает на эмбриональной стадии, поэтому фенотипическое расщепление 6:3:2:1. Во втором скрещивании потомство с генотипом ААВВ погибает на эмбриональной стадии, поэтому фенотипическое расщепление 2:1.
2. Дано: аа – гибель АА – длинный хвост Аа – короткий хвост В – черная окраска в – коричневая окраска	Решение: 1. Р: ♀ ААВв (длинный хвост, черная окраска) х ♂ ААВв (длинный хвост, черная окраска) G: АВ, Ав / АВ, Ав F_1: ААВВ – длинный хвост, черная окраска, ААВв – длинный хвост, черная окраска, ААВв – длинный хвост, черная окраска, ААвв – длинный хвост, коричневая окраска. 2. Р: ♀ АаВв (короткий хвост) х ♂ АаВВ (короткий хвост)

	черная окраска черная окраска G: AB AB Ав aB aB ав F_2: AABB – длинный хвост, черная окраска, AaBB – короткий хвост, черная окраска, AABв – длинный хвост, черная окраска, AaBв – короткий хвост, черная окраска, AaBB – короткий хвост, черная окраска, aaBB – гибель AaBв – короткий хвост, черная окраска aaBв – гибель Во втором скрещивании потомство с генотипами aaBB и aaBв погибает на эмбриональной стадии, поэтому генотипическое расщепление 1:2:1:2.
3. Дано: А – черная окраска а – коричневая окраска вв – гибель ВВ – нормальный хвост Вв – короткий хвост	Решение: 1. P: ♀ AaBв x ♂ AABв черная окраска короткий хвост черная окраска короткий хвост G: AB AB Ав Ав aB ав F_1: AABB – черная окраска, нормальный хвост, AABв – черная окраска, короткий хвост, AABв – черная окраска, короткий хвост, AAвв – гибель AaBB – черная окраска, нормальный хвост, AaBв – черная окраска, короткий хвост, AaBв – черная окраска, короткий хвост, Aавв – гибель. 2. P: ♀ AABв x ♂ AABв черная окраска короткий хвост черная окраска короткий хвост G: AB AB Ав Ав F_2: AABB – черная окраска, нормальный хвост, AABв – черная окраска, короткий хвост, AABв – черная окраска, короткий хвост, AAвв – гибель. В первом скрещивании потомство с генотипами AAвв и Aавв погибает на эмбриональной стадии, поэтому фенотипическое расщепление 2:4. Во втором скрещивании потомство с генотипом AAвв погибает, поэтому расщепление 2:1.
4. Дано: АА – гибель Аа – хохлатость аа – без хохолка В – нормальное опе-	Решение: 1. P: ♀ AaBв x ♂ AaBв хохлатость хохлатость нормальное оперение нормальное оперение G: AB AB

рение в – шелковистое оперение	Ав Ав аВ аВ ав ав F_1: AABB – гибель, AABв – гибель, AaBB – хохлатость, нормальное оперение, AaBв – хохлатость, нормальное оперение, AABв – гибель, AAвв – гибель, AaBв – хохлатость, нормальное оперение, Aавв – хохлатость, шелковистое оперение, AaBB – хохлатость, нормальное оперение, AaBв – хохлатость, нормальное оперение, aaBB – без хохолка, нормальное оперение, aaBв – без хохолка, нормальное оперение, AaBв – хохлатость, нормальное оперение, Aавв – хохлатость, шелковистое оперение, aaBв – без хохолка, нормальное оперение, aавв – без хохолка, шелковистое оперение. 2. P: ♀ AaBB x ♂ AaBB хохластость хохлатость нормальное оперение нормальное оперение G: AB AB aB aB F_2: AABB – гибель, AaBB – хохлатость, нормальное оперение, AaBB – хохлатость, нормальное оперение, aaBB – без хохолка, нормальное оперение. В первом скрещивании потомство с генотипами AABB, AABв, AAвв погибает на эмбриональной стадии, поэтому фенотипическое расщепление 6:3:2:1. Во втором скрещивании потомство с генотипом AABB погибает на эмбриональной стадии, поэтому фенотипическое расщепление 2:1.
5. Дано: A – темное оперение a – светлое оперение BB и Bв – жизнеспособная особь вв – нежизнеспособная особь	Решение: 1. P: ♀ AAX^BY x ♂ $aaX^BX^в$ темное оперение светлое оперение жизнеспособная особь жизнеспособная особь G: AX^B aX^B AY $aX^в$ F_1: AAX^BX^B – самец, темное оперение, жизнеспособная особь, $AaX^BX^в$ – самец, темное оперение, жизнеспособная особь, AaX^BY – самка, темное оперение, жизнеспособная особь, $AaX^вY$ – гибель. 2. P: ♀ AaX^BY x ♂ $AaX^BX^в$ темное оперение темное оперение жизнеспособная особь жизнеспособная особь G: AX^B AX^B AY $AX^в$ aX^B aX^B aY $aX^в$ F_2: AAX^BX^B – самец, темное оперение, жизнеспособная особь,

	$AAX^BX^в$ – самец, темное оперение, жизнеспособная особь, AaX^BX^B – самец, темное оперение, жизнеспособная особь, $AaX^BX^в$ – самец, темное оперение, жизнеспособная особь, AAX^BY – самка, темное оперение, жизнеспособная особь, $AAX^вY$ – гибель, AaX^BY – самка, темное оперение, жизнеспособная особь, $AaX^вY$ – гибель, AaX^BX^B – самец, темное оперение, жизнеспособная особь, $aaX^BX^в$ – самец, светлое оперение, жизнеспособная особь, $aaX^BX^в$ – самец, светлое оперение, жизнеспособная особь, AaX^BY – самка, темное оперение, жизнеспособная особь, $AaX^вY$ – гибель, aaX^BY – самка, светлое оперение, жизнеспособная особь, $aaX^вY$ – гибель. Нарушение соотношения по полу связано с наличием летального гена у самцов в Х-хромосоме ($X^в$). В первом скрещивании соотношение по полу составляет 1:2, т.к. самки с генотипом $AaX^вY$ нежизнеспособные. Во втором скрещивании соотношение по полу 1:2, т.к. самки с генотипами $AAX^вY$, $AaX^вY$, $aaX^вY$ нежизнеспособные.
II. Задачи на сцепленное наследование без кроссинговера	
1. Дано: А – нормальные крылья а – короткие крылья В – нормальные ноги в – короткие ноги	Решение: 1. Р: ♀ aaBB (короткие крылья, нормальные ноги) x ♂ AAвв (нормальные крылья, короткие ноги) G: aB Ав F_1: AaBв – нормальные крылья, нормальные ноги.
	2. Р: ♀ aaBB (короткие крылья, нормальные ноги) x ♂ AaBв (нормальные крылья, нормальные ноги) G: aB Ав aB F_2: AaBв – нормальные крылья, нормальные ноги, aaBB – короткие крылья, нормальные ноги. Формирование двух фенотипических групп во втором скрещивании обусловлено сцеплением генов А и в, а и В (нормальные крылья и короткие ноги, короткие крылья и нормальные ноги).
2. Дано: А – серое тело а – черное тело В – нормальные крылья в – короткие крылья	Решение: 1. Р: ♀ AABB (серое тело, нормальные крылья) x ♂ aавв (черное тело, короткие крылья) G: AB ав F_1: AaBв – серое тело, нормальные крылья.
	2. Р: ♀ aавв (черное тело, короткие крытья) x ♂ AaBв (серое тело, нормальные крылья) G: ав AB ав F_2: AaBв – серое тело, нормальные крылья, aавв – черное тело, короткие крылья.

	Формирование двух фенотипических групп во втором скрещивании обусловлено сцеплением генов А и В, а и в (серое тело и нормальные крылья, черное тело и короткие крылья).
3. Дано: А – черное тело а – коричневое тело В – длинные крылья в – короткие крылья	Решение: 1. P: ♀ ААвв (черное тело, короткие крылья) x ♂ ааВВ (коричневое тело, длинные крылья) G: Ав aB F_1: АаВв – черное тело, длинные крылья. 2. P: ♀ ААвв (черное тело, короткие крылья) x ♂ АаВв (черное тело, длинные крылья) G: Ав Ав aB F_2: АаВв – черное тело, длинные крылья, ААвв – черное тело, короткие крылья. Формирование двух фенотипических групп во втором скрещивании обусловлено сцеплением генов А и в, а и В (черное тело и короткие крылья, коричневое тело и длинные крылья).
4. Дано: А – белая окраска а – коричневая окраска В – короткие крылья в – длинные крылья	Решение: 1. P: ♀ ААВВ (белая окраска, короткие крылья) x ♂ аавв (коричневая окраска, длинные крылья) G: АВ ав F_1: АаВв – белая окраска, короткие крылья. 2. P: ♀ аавв (коричневая окраска, длинные крылья) x ♂ АаВв (белая окраска, короткие крылья) G: ав АВ ав F_2: АаВв – белая окраска, короткие крылья, аавв – коричневая окраска, длинные крылья. Формирование двух фенотипических групп во втором скрещивании обусловлено сцеплением генов А и В, а и в (белая окраска и короткие крылья, коричневая окраска и длинные крылья).
5. Дано: А – карие глаза а – голубые глаза В – темная шерсть в – светлая шерсть	Решение: 1. P: ♀ ААВВ (карие глаза, темная шерсть) x ♂ аавв (голубые глаза, светлая шерсть) G: АВ ав F_1: АаВв – карие глаза, темная шерсть. 2. P: ♀ аавв (голубые глаза, светлая шерсть) x ♂ АаВв (карие глаза, темная шерсть) G: ав АВ ав F_2: АаВв – карие глаза, темная шерсть, аавв – голубые глаза, светлая шерсть. Формирование двух фенотипических групп во втором скрещи-

	вании обусловлено сцеплением генов А и В, а и в (карие глаза и темная шерсть, голубые глаза и светлая шерсть).
III. Задачи на сцепленное наследование с кроссинговером	
1. Дано: А – гребень а – отсутствие гребня В – оперенные ноги в – голые ноги	Решение: 1. Р: ♀ АаВВ (гребень, оперенные ноги) х ♂ Аавв (гребень, голые ноги) G: АВ, аВ / Ав, ав F_1: ААВв – гребень, оперенные ноги, АаВв – гребень, оперенные ноги, АаВв – гребень, оперенные ноги, ааВв – отсутствие гребня, оперенные ноги. 2. Р: ♀ АаВв (гребень, оперенные ноги) х ♂ Аавв (гребень, голые ноги) G: АВ, Ав, аВ, ав / Ав, ав F_2: ААВв – гребень, оперенные ноги, АаВв – гребень, оперенные ноги, ААвв – гребень, голые ноги, Аавв – гребень, голые ноги, АаВв – гребень, оперенные ноги, ааВв – отсутствие гребня, оперенные ноги, Аавв – гребень, голые ноги, аавв – отсутствие гребня, голые ноги. Вероятность получения во втором скрещивании потомства, генотипически сходного с петухом, составит 2/8 (или 1/4, или 25%).
2. Дано: А – нормальные листья а – скрученные листья В – нормальный рост в – карликовый рост	Решение: 1. Р: ♀ ААВВ (нормальные листья, нормальный рост) х ♂ аавв (скрученные листья, карликовый рост) G: АВ / ав F_1: АаВв – нормальные листья, нормальный рост. 2. Р: ♀ АаВв (нормальные листья, нормальный рост) х ♂ аавв (скрученные листья, карликовый рост) G: АВ, Ав, аВ, ав / ав F_2: АаВв – нормальные листья, нормальный рост (116 или 122), Аавв – нормальные листья, карликовый рост (31 или 33), ааВв – скрученные листья, нормальный рост (31 или 33), аавв – скрученные листья, карликовый рост (116 или 122). Присутствие в потомстве двух многочисленных групп особей (116 или 122 растений с нормальными листьями и нормальным

	ростом и 116 или 122 растений со скрученными листьями и карликовым ростом) – это результат сцепления генов: аллель А сцеплен с аллелем В, а аллель а сцеплен с аллелем в. Две другие малочисленные фенотипические группы (31 или 33 растения с нормальными листьями и карликовым ростом и 31 или 33 растения со скрученными листьями и нормальным ростом) – образуются в результате кроссинговера.
3. Дано: А – есть потовые железы а – отсутствие потовых желез В – нормальное зрение в – дальтонизм	Решение: 1. P: ♀ $X^{Ab}X^{aB}$ x ♂ $X^{AB}Y$ есть потовые железы, нормальное зрение — есть потовые железы, нормальное зрение G: X^{Ab}, X^{aB}, X^{AB}, X^{ab} — X^{AB}, Y F_1: $X^{AB}X^{Ab}$ – женский организм, есть потовые железы, нормальное зрение, $X^{AB}Y$ – мужской организм, есть потовые железы, дальтонизм, $X^{AB}X^{aB}$ – женский организм, есть потовые железы, нормальное зрение, $X^{aB}Y$ – мужской организм, отсутствие потовых желез, нормальное зрение, $X^{AB}X^{AB}$ – женский организм, есть потовые железы, нормальное зрение, $X^{AB}Y$ – мужской организм, есть потовые железы, нормальное зрение, $X^{AB}X^{ab}$ – женский организм, есть потовые железы, нормальное зрение, $X^{ab}Y$ – мужской организм, отсутствие потовых желез, дальтонизм. 2. P: ♀ $X^{AB}X^{Ab}$ x ♂ $X^{AB}Y$ есть потовые железы, нормальное зрение — есть потовые железы, нормальное зрение G: X^{AB}, X^{Ab} — X^{AB}, Y F_2: $X^{AB}X^{AB}$ – женский организм, есть потовые железы, нормальное зрение, $X^{AB}Y$ – мужской организм, есть потовые железы, нормальное зрение, $X^{AB}X^{Ab}$ – женский организм, есть потовые железы, нормальное зрение, $X^{Ab}Y$ – мужской организм, есть потовые железы, дальтонизм. В первом браке возможно рождение сына без половых желез и с дальтонизмом ($X^{ab}Y$). В генотипе этого ребенка находятся материнская, образовавшаяся в результате кроссинговера Х-хромосома с двумя рецессивными аллелями и отцовская Y-хромосома, не содержащая аллелей этих двух генов.
4. Дано: А – нормальное зрение а – дальтонизм	Решение: 1. P: ♀ $X^{Ab}X^{aB}$ x ♂ $X^{AB}Y$ нормальное зрение, нормальная свертываемость крови — нормальное зрение, нормальная свертываемость крови

B – нормальная свертываемость крови в - гемофилия	G: $X^{Ав}$ X^{AB} X^{aB} Y X^{AB} $X^{ав}$ F_1: $X^{AB}X^{Ав}$ – женский организм, нормальное зрение, нормальная свертываемость крови, $X^{Ав}Y$ – мужской организм, нормальное зрение, гемофилия, $X^{AB}X^{aB}$ – женский организм, нормальное зрение, нормальная свертываемость крови, $X^{aB}Y$ – мужской организм, дальтонизм, нормальная свертываемость крови, $X^{AB}X^{AB}$ – женский организм, нормальное зрение, нормальная свертываемость крови, $X^{AB}Y$ – мужской организм, нормальное зрение, нормальная свертываемость крови, $X^{AB}X^{ав}$ – женский организм, нормальное зрение, нормальная свертываемость крови, $X^{ав}Y$ – мужской организм, дальтонизм, гемофилия. 2. P: ♀ $X^{aB}X^{ав}$ x ♂ $X^{AB}Y$ дальтонизм нормальное зрение нормальная свертываемость крови нормальная свертываемость крови G: X^{aB} X^{AB} $X^{ав}$ Y F_2: $X^{AB}X^{aB}$ – женский организм, нормальное зрение, нормальная свертываемость крови, $X^{aB}Y$ – мужской организм, дальтонизм, нормальная свертываемость крови, $X^{AB}X^{ав}$ – женский организм, нормальное зрение, нормальная свертываемость крови, $X^{ав}Y$ – мужской организм, дальтонизм, гемофилия. В первом браке возможно рождение сына-дальтоника с гемофилией ($X^{ав}Y$). В генотипе этого ребенка находятся материнская, образовавшаяся в результате кроссинговера Х-хромосома с двумя рецессивными аллелями и отцовская Y-хромосома, не содержащая аллелей этих двух генов.
5. Дано: A – нормальное зрение a – куриная слепота B – нормальная свертываемость крови в – гемофилия	Решение: 1. P: ♀ $X^{Ав}X^{aB}$ x ♂ $X^{AB}Y$ нормальное зрение нормальное зрение нормальная свертываемость крови нормальная свертываемость крови G: $X^{Ав}$ X^{AB} X^{aB} Y X^{AB} $X^{ав}$ F_1: $X^{AB}X^{Ав}$ – женский организм, нормальное зрение, нормальная свертываемость крови, $X^{Ав}Y$ – мужской организм, нормальное зрение, гемофилия, $X^{AB}X^{aB}$ – женский организм, нормальное зрение, нормальная свертываемость крови, $X^{aB}Y$ – мужской организм, куриная слепота, нормальная свертываемость крови, $X^{AB}X^{AB}$ – женский организм, нормальное зрение, нормальная

	свертываемость крови, $X^{AB}Y$ – мужской организм, нормальное зрение, нормальная свертываемость крови, $X^{AB}X^{ав}$ – женский организм, нормальное зрение, нормальная свертываемость крови, $X^{ав}Y$ – мужской организм, куриная слепота, гемофилия. 2. P: ♀ $X^{AB}X^{Ав}$ x ♂ $X^{AB}Y$ нормальное зрение, нормальная свертываемость крови; нормальное зрение, нормальная свертываемость крови G: X^{AB}, $X^{Ав}$; X^{AB}, Y F_2: $X^{AB}X^{AB}$ – женский организм, нормальное зрение, нормальная свертываемость крови, $X^{AB}Y$ – мужской организм, нормальное зрение, нормальная свертываемость крови, $X^{AB}X^{Ав}$ – женский организм, нормальное зрение, нормальная свертываемость крови, $X^{Ав}Y$ – мужской организм, нормальное зрение, гемофилия. В первом браке возможно рождение сына-дальтоника с гемофилией ($X^{ав}Y$). В генотипе этого ребенка находятся материнская, образовавшаяся в результате кроссинговера Х-хромосома с двумя рецессивными аллелями и отцовская Y-хромосома, не содержащая аллелей этих двух генов.
IV. Задачи на крисс-кросс наследование	
1. Дано: А – красные глаза а – пурпурные глаза В – серое тело в – желтое тело	Решение: 1. P: ♀ $AAX^{B}X^{B}$ x ♂ $aaX^{в}Y$ красные глаза, серое тело; пурпурные глаза, желтое тело G: AX^{B}; $aX^{в}$, aY F_1: $AaX^{B}X^{в}$ – женский организм, красные глаза, серое тело, $AaX^{B}Y$ – мужской организм, красные глаза, серое тело. 2. P: ♀ $aaX^{в}X^{в}$ x ♂ $AAX^{B}Y$ пурпурные глаза, желтое тело; красные глаза, серое тело G: $aX^{в}$; AX^{B}, AY F_2: $AaX^{B}X^{в}$ – женский организм, красные глаза, серое тело, $AaX^{в}Y$ – мужской организм, красные глаза, желтое тело. Во втором скрещивании получилось фенотипическое расщепление по цвету тела, т.к. желтое тело – рецессивный признак, сцепленный с Х-хромосомой (женщины наследуют доминантный аллель от отца, а мужчины получают от матери только рецессивный аллель).
2. Дано: А – гребень а – отсутствие гребня В – полосатое оперение	Решение: 1. P: ♀ $aaX^{в}Y$ x ♂ $AAX^{B}X^{B}$ отсутствие гребня, черное оперение; гребень, полосатое оперение G: $aX^{в}$, aY; AX^{B}

в – черное оперение	F_1: $AaX^BX^в$ – женский организм, гребень, полосатое оперение, AaX^BY – мужской организм, гребень, полосатое оперение. 2. P: ♀ AAX^BY (гребень, полосатое оперение) x ♂ $aaX^вX^в$ (отсутствие гребня, черное оперение) G: AX^B, AY $aX^в$ F_1: $AaX^BX^в$ – женский организм, гребень, полосатое оперение, $AaX^вY$ – мужской организм, гребень, черное оперение. Во втором скрещивании получилось фенотипическое расщепление по цвету оперения, т.к. черное оперение – рецессивный признак, сцепленный с Х-хромосомой (женщины наследуют доминантный аллель от отца, а мужчины получают от матери только рецессивный аллель).
3. Дано: А – серое тело а – черное тело В – красные глаза в – белые глаза	Решение: 1. P: ♀ AAX^BX^B (серое тело, красные глаза) x ♂ $aaX^вY$ (черное тело, белые глаза) G: AX^B $aX^в$, aY F_1: $AaX^BX^в$ – женский организм, серое тело, красные глаза, AaX^BY – мужской организм, серое тело, красные глаза. 2. P: ♀ $aaX^вX^в$ (черное тело, белые глаза) x ♂ AAX^BY (серое тело, красные глаза) G: $aX^в$ AX^B, AY F_2: $AaX^BX^в$ – женский организм, серое тело, красные глаза, $AaX^вY$ – мужской организм, серое тело, белые глаза. Во втором скрещивании получилось фенотипическое расщепление по цвету глаз, т.к. белые глаза – рецессивный признак, сцепленный с Х-хромосомой (женщины наследуют доминантный аллель от отца, а мужчины получают от матери только рецессивный аллель).
4. Дано: А – бурый мех а – рыжий мех В – без пятна на груди в – пятно на груди	Решение: 1. P: ♀ AAX^BX^B (бурый мех, без пятна на груди) x ♂ $aaX^вY$ (рыжий мех, пятно на груди) G: AX^B $aX^в$, aY F_1: $AaX^BX^в$ – женский организм, бурый мех, без пятна на груди, AaX^BY – мужской организм, бурый мех, без пятна на груди. 2. P: ♀ $aaX^вX^в$ (рыжий мех, пятно на груди) x ♂ AAX^BY (бурый мех, без пятна на груди) G: $aX^в$ AX^B, AY F_2: $AaX^BX^в$ – женский организм, бурый мех, без пятна на груди, $AaX^вY$ – мужской организм, бурый мех, пятно на груди.

	Во втором скрещивании получилось фенотипическое расщепление по наличию пятна на груди, т.к. пятно на груди – рецессивный признак, сцепленный с Х-хромосомой (женщины наследуют доминантный аллель от отца, а мужчины получают от матери только рецессивный аллель).
5. Дано: А – желтое тело а – серое тело В – нормальные щетинки в – короткие щетинки	Решение: 1. Р: ♀ $AAX^{в}X^{в}$ x ♂ $aaX^{B}Y$ желтое тело, короткие щетинки — серое тело, нормальные щетинки G: $AX^{в}$ — aX^{B}, aY F_1: $AaX^{B}X^{в}$ – женский организм, желтое тело, нормальные щетинки, $AaX^{в}Y$ – мужской организм, желтое тело, короткие щетинки. 2. Р: ♀ $aaX^{B}X^{B}$ x ♂ $AAX^{в}Y$ серое тело, нормальные щетинки — желтое тело, короткие щетинки G: aX^{B} — $aX^{в}$, aY F_2: $AaX^{B}X^{в}$ – женский организм, желтое тело, нормальные щетинки, $AaX^{B}Y$ – мужской организм, желтое тело, нормальные щетинки. Во втором скрещивании получилось фенотипическое расщепление по длине щетинок, т.к. короткие щетинки – рецессивный признак, сцепленный с Х-хромосомой (женщины наследуют доминантный аллель от отца, а мужчины получают от матери только рецессивный аллель).
V. Задачи на двойное сцепление с Х-хромосомой	
1. Дано: А – нормальный зрительный нерв а – атрофия зрительного нерва В – нормальная кожа в – ихтиоз	Решение: 1. Р: ♀ $X^{Aв}X^{aB}$ x ♂ $X^{AB}Y$ нормальный зрительный нерв, нормальная кожа — нормальный зрительный нерв, нормальная кожа G: $X^{Aв}$, X^{aB}, X^{AB}, $X^{ав}$ — X^{AB}, Y F_1: $X^{AB}X^{Aв}$ – женский организм, нормальный зрительный нерв, нормальная кожа, $X^{Aв}Y$ – мужской организм, нормальный зрительный нерв, ихтиоз, $X^{AB}X^{aB}$ – женский организм, нормальный зрительный нерв, нормальная кожа, $X^{aB}Y$ – мужской организм, атрофия зрительного нерва, нормальная кожа, $X^{AB}X^{AB}$ – женский организм, нормальный зрительный нерв, нормальная кожа, $X^{AB}Y$ – мужской организм, нормальный зрительный нерв, нормальная кожа, $X^{AB}X^{ав}$ – женский организм, нормальный зрительный нерв, нормальная кожа,

	$X^{aB}Y$ – мужской организм, атрофия зрительного нерва, ихтиоз. 2. P: ♀ $X^{AB}X^{Ав}$ x ♂ $X^{AB}Y$ нормальный зрительный нерв нормальный зрительный нерв нормальная кожа нормальная кожа G: X^{AB} X^{AB} $X^{Ав}$ Y F_2: $X^{AB}X^{AB}$ – женский организм, нормальный зрительный нерв, нормальная кожа, $X^{AB}Y$ – мужской организм, нормальный зрительный нерв, нормальная кожа, $X^{AB}X^{Ав}$ – женский организм, нормальный зрительный нерв, нормальная кожа, $X^{Ав}Y$ – мужской организм, нормальный зрительный нерв, ихтиоз. В первом браке возможно рождение сына с атрофией зрительного нерва и ихтиозом ($X^{aB}Y$). В генотипе этого ребенка находятся материнская, образовавшаяся в результате кроссинговера Х-хромосома с двумя рецессивными аллелями и отцовская Y-хромосома, не содержащая аллелей этих двух генов.
2. Дано: А – нормальный зрительный нерв а – атрофия зрительного нерва В – нормальное зрение в – куриная слепота	Решение: 1. P: ♀ $X^{Ав}X^{aB}$ x ♂ $X^{AB}Y$ нормальный зрительный нерв нормальный зрительный нерв нормальное зрение нормальное зрение G: $X^{Ав}$ X^{AB} X^{aB} Y X^{AB} $X^{ав}$ F_1: $X^{AB}X^{Ав}$ – женский организм, нормальный зрительный нерв, нормальное зрение, $X^{AB}Y$ – мужской организм, нормальный зрительный нерв, куриная слепота, $X^{AB}X^{aB}$ – женский организм, нормальный зрительный нерв, нормальное зрение, $X^{aB}Y$ – мужской организм, атрофия зрительного нерва, нормальное зрение, $X^{AB}X^{AB}$ – женский организм, нормальный зрительный нерв, нормальное зрение, $X^{AB}Y$ – мужской организм, нормальный зрительный нерв, нормальное зрение, $X^{AB}X^{ав}$ – женский организм, нормальный зрительный нерв, нормальное зрение, $X^{aB}Y$ – мужской организм, атрофия зрительного нерва, куриная слепота. 2. P: ♀ $X^{AB}X^{aB}$ x ♂ $X^{AB}Y$ нормальный зрительный нерв нормальный зрительный нерв нормальное зрение нормальное зрение G: X^{AB} X^{AB} X^{aB} Y F_2: $X^{AB}X^{AB}$ – женский организм, нормальный зрительный нерв, нормальное зрение,

	$X^{AB}Y$ – мужской организм, нормальный зрительный нерв, нормальное зрение, $X^{AB}X^{aB}$ – женский организм, нормальный зрительный нерв, нормальное зрение, $X^{aB}Y$ – мужской организм, атрофия зрительного нерва, нормальное зрение. В первом браке возможно рождение сына с атрофией зрительного нерва и куриной слепотой ($X^{aB}Y$). В генотипе этого ребенка находятся материнская, образовавшаяся в результате кроссинговера Х-хромосома с двумя рецессивными аллелями и отцовская Y-хромосома, не содержащая аллелей этих двух генов.
3. Дано: А – нормальные мышцы а – мышечная дистрофия В – нормальный зрительный нерв в – атрофия зрительного нерва	Решение: 1. Р: ♀ $X^{Ав}X^{aB}$ x ♂ $X^{AB}Y$ нормальные мышцы нормальные мышцы нормальный зрительный нерв нормальный зрительный нерв G: $X^{Ав}$ X^{AB} X^{aB} Y X^{AB} $X^{ав}$ F_1: $X^{AB}X^{Ав}$ – женский организм, нормальные мышцы, нормальный зрительный нерв, $X^{AB}Y$ – мужской организм, нормальные мышцы, атрофия зрительного нерва, $X^{AB}X^{aB}$ – женский организм, нормальные мышцы, нормальный зрительный нерв, $X^{aB}Y$ – мужской организм, мышечная дистрофия, нормальный зрительный нерв, $X^{AB}X^{AB}$ – женский организм, нормальные мышцы, нормальный зрительный нерв, $X^{AB}Y$ – мужской организм, нормальные мышцы, нормальный зрительный нерв, $X^{AB}X^{ав}$ – женский организм, нормальные мышцы, нормальный зрительный нерв, $X^{aв}Y$ – мужской организм, мышечная дистрофия, атрофия зрительного нерва. 2. Р: ♀ $X^{AB}X^{Ав}$ x ♂ $X^{AB}Y$ нормальные мышцы нормальные мышцы нормальный зрительный нерв нормальный зрительный нерв G: X^{AB} X^{AB} $X^{Ав}$ Y F_2: $X^{AB}X^{AB}$ – женский организм, нормальные мышцы, нормальный зрительный нерв, $X^{AB}Y$ – мужской организм, нормальные мышцы, нормальный зрительный нерв, $X^{AB}X^{Ав}$ – женский организм, нормальные мышцы, нормальный зрительный нерв, $X^{Ав}Y$ – мужской организм, мышечная дистрофия, нормальный зрительный нерв, В первом браке возможно рождение сына с атрофией зрительного нерва и мышечной дистрофии ($X^{aв}Y$). В генотипе этого ребен-

	ка находятся материнская, образовавшаяся в результате кроссинговера Х-хромосома с двумя рецессивными аллелями и отцовская Y-хромосома, не содержащая аллелей этих двух генов.
4. Дано: А – нормальное зрение а – куриная слепота В – нормальная кожа в – ихтиоз	Решение: 1. P: ♀ $X^{Ав}X^{аВ}$ x ♂ $X^{АВ}Y$ нормальное зрение, нормальная кожа — нормальное зрение, нормальная кожа G: $X^{Ав}$, $X^{аВ}$, $X^{АВ}$, $X^{ав}$ — $X^{АВ}$, Y F_1: $X^{АВ}X^{Ав}$ – женский организм, нормальное зрение, нормальная кожа, $X^{Ав}Y$ – мужской организм, нормальное зрение, ихтиоз, $X^{АВ}X^{аВ}$ – женский организм, нормальное зрение, нормальная кожа, $X^{аВ}Y$ – мужской организм, куриная слепота, нормальная кожа, $X^{АВ}X^{АВ}$ – женский организм, нормальное зрение, нормальная кожа, $X^{АВ}Y$ – мужской организм, нормальное зрение, нормальная кожа, $X^{АВ}X^{ав}$ – женский организм, нормальное зрение, нормальная кожа, $X^{ав}Y$ – мужской организм, куриная слепота, ихтиоз. 2. P: ♀ $X^{АВ}X^{Ав}$ x ♂ $X^{АВ}Y$ нормальное зрение, нормальная кожа — нормальное зрение, нормальная кожа G: $X^{АВ}$, $X^{Ав}$ — $X^{АВ}$, Y F_2: $X^{АВ}X^{АВ}$ – женский организм, нормальное зрение, нормальная кожа, $X^{АВ}Y$ – мужской организм, нормальное зрение, нормальная кожа, $X^{АВ}X^{Ав}$ – женский организм, нормальное зрение, нормальная кожа, $X^{Ав}Y$ – мужской организм, нормальное зрение, ихтиоз. В первом браке возможно рождение сына с куриной слепотой и ихтиозом ($X^{ав}Y$). В генотипе этого ребенка находятся материнская, образовавшаяся в результате кроссинговера Х-хромосома с двумя рецессивными аллелями и отцовская Y-хромосома, не содержащая аллелей этих двух генов.
5. Дано: А – нормальные мышцы а – мышечная дистрофия В – нормальное зрение в – куриная слепота	Решение: 1. P: ♀ $X^{Ав}X^{аВ}$ x ♂ $X^{АВ}Y$ нормальные мышцы, нормальное зрение — нормальные мышцы, нормальное зрение G: $X^{Ав}$, $X^{аВ}$, $X^{АВ}$, $X^{ав}$ — $X^{АВ}$, Y F_1: $X^{АВ}X^{Ав}$ – женский организм, нормальные мышцы, нормальное зрение,

	$X^{AB}Y$ – мужской организм, нормальные мышцы, куриная слепота, $X^{AB}X^{aB}$ – женский организм, нормальные мышцы, нормальное зрение, $X^{aB}Y$ – мужской организм, мышечная дистрофия, нормальное зрение, $X^{AB}X^{AB}$ – женский организм, нормальные мышцы, нормальное зрение, $X^{AB}Y$ – мужской организм, нормальные мышцы, нормальное зрение, $X^{AB}X^{ав}$ – женский организм, нормальные мышцы, нормальное зрение, $X^{ав}Y$ – мужской организм, мышечная дистрофия, куриная слепота. 2. P: ♀ $X^{AB}X^{Ав}$ x ♂ $X^{AB}Y$ нормальные мышцы нормальное зрение; нормальные мышцы нормальное зрение G: X^{AB}, $X^{Ав}$; X^{AB}, Y F_2: $X^{AB}X^{AB}$ – женский организм, нормальные мышцы, нормальное зрение, $X^{AB}Y$ – мужской организм, нормальные мышцы, нормальное зрение, $X^{AB}X^{Ав}$ – женский организм, нормальные мышцы, нормальное зрение, $X^{Ав}Y$ – мужской организм, нормальные мышцы, куриная слепота. В первом браке возможно рождение сына с куриной слепотой и мышечной дистрофией ($X^{ав}Y$). В генотипе этого ребенка находятся материнская, образовавшаяся в результате кроссинговера Х-хромосома с двумя рецессивными аллелями и отцовская Y-хромосома, не содержащая аллелей этих двух генов.
VI. Задачи на псевдоутосомное наследование	
1. Дано: А – нормальный зрительный нерв а – атрофия зрительного нерва В – нормальное развитие кисти в – аномалия развития кисти	Решение: 1. P: ♀ $X^{aB}X^{aB}$ x ♂ $X^{Ав}Y^{a}$ атрофия зрительного нерва нормальный зрительный нерв нормальное развитие кисти аномалия развития кисти G: X^{aB}; $X^{Ав}$, Y^{A}, X^{aB}, Y^{a} F_1: $X^{aB}X^{Ав}$ – женский организм, нормальный зрительный нерв, нормальное развитие кисти, $X^{aB}Y^{A}$ – мужской организм, нормальный зрительный нерв, нормальное развитие кисти, $X^{aB}X^{aB}$ – женский организм, атрофия зрительного нерва, нормальное развитие кисти, $X^{aB}Y^{a}$ – мужской организм, атрофия зрительного нерва, нормальное развитие кисти. 2. P: ♀ $X^{aB}X^{aB}$ x ♂ $X^{AB}Y^{A}$ атрофия зрительного нерва нормальный зрительный нерв нормальное развитие кисти нормальное развитие кисти

	G: X^{aB} X^{AB} Y^{A} F_2: $X^{AB}X^{aB}$ – женский организм, нормальный зрительный нерв, нормальное развитие кисти, $X^{aB}Y^{A}$ – мужской организм, нормальный зрительный нерв, нормальное развитие кисти. Во втором браке невозможно рождение ребенка с двумя заболеваниями.
2. Дано: A – аномалия развития кисти a – нормальное развитие кисти B – нормальное зрение в – куриная слепота	Решение: 1. P: ♀ $X^{ав}X^{ав}$ x ♂ $X^{AB}Y^{a}$ нормальное развитие кисти аномалия развития кисти куриная слепота нормальное зрение G: $X^{ав}$ X^{aB} Y^{A} X^{AB} Y^{a} F_1: $X^{aB}X^{ав}$ – женский организм, нормальное развитие кисти, нормальное зрение, $X^{ав}Y^{A}$ – мужской организм, аномалия развития кисти, куриная слепота, $X^{AB}X^{ав}$ – женский организм, аномалия развития кисти, нормальное зрение, $X^{ав}Y^{a}$ – мужской организм, нормальное развитие кисти, куриная слепота. 2. P: ♀ $X^{AB}X^{ав}$ x ♂ $X^{aB}Y^{a}$ аномалия развития кисти нормальное развитие кисти нормальное зрение нормальное зрение G: X^{AB} $X^{ав}$ $X^{Ав}$ X^{aB} X^{aB} Y^{a} F_2: $X^{AB}X^{aB}$ – женский организм, аномалия развития кисти, нормальное зрение, $X^{AB}Y^{a}$ – мужской организм, аномалия развития кисти, нормальное зрение, $X^{aB}X^{ав}$ – женский организм, нормальное развитие кисти, нормальное зрение, $X^{ав}Y^{a}$ – мужской организм, нормальное развитие кисти, куриная слепота, $X^{Ав}X^{aB}$ – женский организм, аномалия развития кисти, нормальное зрение, $X^{Ав}Y^{a}$ – мужской организм, аномалия развития кисти, куриная слепота, $X^{aB}X^{aB}$ – женский организм, нормальное развитие кисти, нормальное зрение, $X^{aB}Y^{a}$ – мужской организм, нормальное развитие кисти, нормальное зрение. Во втором браке возможно рождение сына с аномалией развития кисти и куриной слепотой ($X^{Ав}Y^{a}$). В генотипе этого ребенка находится материнская Х-хромосома с двумя рецессивными алле-

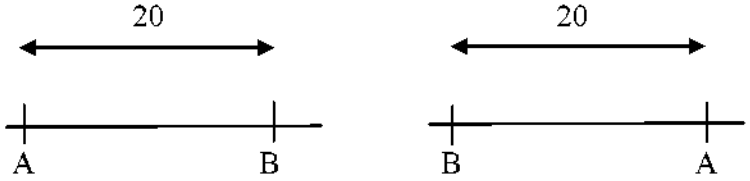
	лями и отцовская Y-хромосома, образовавшаяся в результате кроссинговера.
3. Дано: А – аномалия развития кисти а – нормальное развитие кисти В – наличие потовых желез в – отсутствие потовых желез	Решение: 1. Р: ♀ $X^{ав}X^{ав}$ x ♂ $X^{АВ}Y^{а}$ нормальное развитие кисти аномалия развития кисти отсутствие потовых желез наличие потовых желез G: $X^{ав}$ $X^{аВ}$, $Y^{А}$, $X^{АВ}$, $Y^{а}$ F_1: $X^{аВ}X^{ав}$ – женский организм, нормальное развитие кисти, наличие потовых желез, $X^{ав}Y^{А}$ – мужской организм, аномалия развития кисти, отсутствие потовых желез, $X^{АВ}X^{ав}$ – женский организм, аномалия развития кисти, наличие потовых желез, $X^{ав}Y^{а}$ – мужской организм, нормальное развитие кисти, отсутствие потовых желез. 2. Р: ♀ $X^{АВ}X^{ав}$ x ♂ $X^{аВ}Y^{а}$ аномалия развития кисти нормальное развитие кисти наличие потовых желез наличие потовых желез G: $X^{АВ}$, $X^{ав}$, $X^{Ав}$, $X^{аВ}$ $X^{аВ}$, $Y^{а}$ F_2: $X^{АВ}X^{аВ}$ – женский организм, аномалия развития кисти, наличие потовых желез, $X^{АВ}Y^{а}$ – мужской организм, аномалия развития кисти, наличие потовых желез, $X^{аВ}X^{ав}$ – женский организм, нормальное развитие кисти, наличие потовых желез, $X^{ав}Y^{а}$ – мужской организм, нормальное развитие кисти, отсутствие потовых желез, $X^{Ав}X^{аВ}$ – женский организм, аномалия развития кисти, наличие потовых желез, $X^{Ав}Y^{а}$ – мужской организм, аномалия развития кисти, отсутствие потовых желез, $X^{аВ}X^{аВ}$ – женский организм, нормальное развитие кисти, наличие потовых желез, $X^{аВ}Y^{а}$ – мужской организм, нормальное развитие кисти, наличие потовых желез. Во втором браке возможно рождение сына с аномалией развития кисти и без потовых желез ($X^{Ав}Y^{а}$). В генотипе этого ребенка находится материнская Х-хромосома с двумя рецессивными аллелями и отцовская Y-хромосома, образовавшаяся в результате кроссинговера.
4. Дано: А – нормальная чувствительность к УФ	Решение: 1. Р: ♀ $X^{ав}X^{ав}$ x ♂ $X^{АВ}Y^{а}$ ксеродерма нормальная чувствительность к УФ

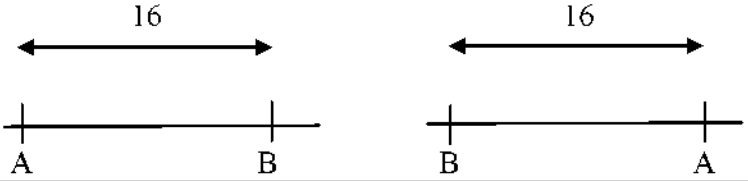
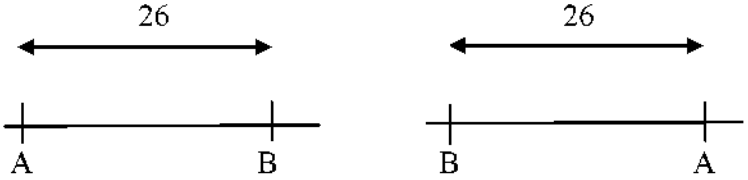
а – ксеродерма В – нормальный зрительный нерв в – атрофия зрительного нерва	атрофия зрительного нерва нормальный зрительный нерв G: $X^{ав}$ X^{aB}, Y^{A}, X^{AB}, Y^{a} F_1: $X^{aB}X^{ав}$ – женский организм, ксеродерма, нормальный зрительный нерв, $X^{ав}Y^{A}$ – мужской организм, нормальная чувствительность к УФ, атрофия зрительного нерва, $X^{AB}X^{ав}$ – женский организм, нормальная чувствительность к УФ, нормальный зрительный нерв, $X^{ав}Y^{a}$ – мужской организм, ксеродерма, атрофия зрительного нерва. 2. P: ♀ $X^{AB}X^{ав}$ x ♂ $X^{aB}Y^{a}$ нормальная чувствительность к УФ нормальный зрительный нерв; ксеродерма нормальный зрительный нерв G: X^{AB}, $X^{ав}$, $X^{Ав}$, X^{aB}; X^{aB}, Y^{a} F_2: $X^{AB}X^{aB}$ – женский организм, нормальная чувствительность к УФ, нормальный зрительный нерв, $X^{AB}Y^{a}$ – мужской организм, нормальная чувствительность к УФ, нормальный зрительный нерв, $X^{aB}X^{ав}$ – женский организм, ксеродерма, нормальный зрительный нерв, $X^{ав}Y^{a}$ – мужской организм, ксеродерма, атрофия зрительного нерва, $X^{Ав}X^{aB}$ – женский организм, нормальная чувствительность к УФ, нормальный зрительный нерв, $X^{Ав}Y^{a}$ – мужской организм, нормальная чувствительность к УФ, атрофия зрительного нерва, $X^{aB}X^{aB}$ – женский организм, ксеродерма, нормальный зрительный нерв, $X^{aB}Y^{a}$ – мужской организм, ксеродерма, нормальный зрительный нерв. В первом браке возможно рождение сына с ксеродермой и атрофией зрительного нерва ($X^{ав}Y^{a}$). В генотипе этого ребенка находится материнская Х-хромосома с двумя рецессивными аллелями и отцовская Y-хромосома, образовавшаяся в результате кроссинговера.
5. Дано: А – нормальная чувствительность к УФ а – ксеродерма В – нормальная кожа в – ихтиоз	Решение: 1. P: ♀ $X^{ав}X^{ав}$ x ♂ $X^{aB}Y^{A}$ ксеродерма ихтиоз; нормальная чувствительность к УФ нормальная кожа G: $X^{ав}$; X^{aB}, Y^{A}, X^{AB}, Y^{a} F_1: $X^{aB}X^{ав}$ – женский организм, ксеродерма, нормальная кожа, $X^{ав}Y^{A}$ – мужской организм, нормальная чувствительность к

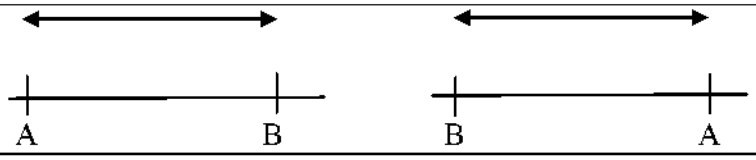
	УФ, ихтиоз, $X^{AB}X^{ав}$ – женский организм, нормальная чувствительность к УФ, нормальная кожа, $X^{ав}Y^{а}$ – мужской организм, ксеродерма, ихтиоз. 2. P: ♀ $X^{AB}X^{ав}$ x ♂ $X^{aB}Y^{а}$ нормальная чувствительность к УФ, нормальная кожа — ксеродерма, нормальная кожа G: X^{AB}, $X^{ав}$, $X^{Ав}$, X^{aB} — X^{aB}, $Y^{а}$ F_2: $X^{AB}X^{aB}$ – женский организм, нормальная чувствительность к УФ, нормальная кожа, $X^{AB}Y^{а}$ – мужской организм, нормальная чувствительность к УФ, нормальная кожа, $X^{aB}X^{ав}$ – женский организм, ксеродерма, нормальная кожа, $X^{ав}Y^{а}$ – мужской организм, ксеродерма, ихтиоз, $X^{Ав}X^{aB}$ – женский организм, нормальная чувствительность к УФ, нормальная кожа, $X^{Ав}Y^{а}$ – мужской организм, нормальная чувствительность к УФ, ихтиоз, $X^{aB}X^{aB}$ – женский организм, ксеродерма, нормальная кожа, $X^{aB}Y^{а}$ – мужской организм, ксеродерма, нормальная кожа. В первом браке возможно рождение сына с ксеродермой и ихтиозом ($X^{ав}Y^{а}$). В генотипе этого ребенка находится материнская Х-хромосома с двумя рецессивными аллелями и отцовская Y-хромосома, образовавшаяся в результате кроссинговера.
VII. Задачи на наследование групп крови	
1. Дано: ♀ - I^AI^ARr или I^Ai^0Rr ♂ - I^AI^Brr	Решение: 1. P: ♀ I^AI^ARr x ♂ I^AI^Brr вторая группа, положительный резус-фактор — четвертая группа, отрицательный резус-фактор G: I^AR, I^Ar — I^Ar, I^Br F_1: I^AI^ARr – вторая группа крови, положительный резус-фактор, I^AI^BRr – четвертая группа крови, положительный резус-фактор, I^AI^Arr – вторая группа крови, отрицательный резус-фактор, I^AI^Brr – четвертая группа крови, отрицательный резус-фактор. 2. P: ♀ I^Ai^0Rr x ♂ I^AI^Brr вторая группа, положительный резус-фактор — четвертая группа, отрицательный резус-фактор G: I^AR, I^Ar, i^0R, i^0r — I^Ar, I^Br F_2: I^AI^BRr – четвертая группа крови, положительный резус-фактор, I^AI^BRr – четвертая группа крови, положительный резус-фактор, I^AI^Arr – вторая группа крови, отрицательный резус-фактор,

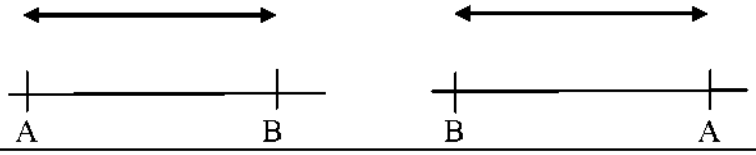
	I^AI^Brr – четвертая группа крови, отрицательный резус фактор, I^Ai^0Rr – вторая группа крови, положительный резус-фактор, I^Bi^0Rr – третья группа крови, положительный резус-фактор, I^Ai^0rr – вторая группа крови, отрицательный резус-фактор, I^Bi^0rr – третья группа крови, отрицательный резус-фактор. Вероятность рождения детей, фенотипически сходных по рассматриваемым признакам с матерью (вторая группа крови, положительный резус-фактор), составляет 25% в случае, если мать гомозиготна по аллелям группы крови, и 12,5%, если мать гетерозиготна по аллелям группы крови.
2. Дано: ♀ - I^BI^BRR или I^Bi^0RR ♂ - i^0i^0rr	Решение: 1. P: ♀ I^BI^BRR (третья группа, положительный резус-фактор) x ♂ i^0i^0rr (первая группа, отрицательный резус-фактор) G: I^BR i^0r F_1: I^Bi^0Rr – третья группа крови, положительный резус-фактор. 2. P: ♀ I^Bi^0RR (третья группа, положительный резус-фактор) x ♂ i^0i^0rr (первая группа, отрицательный резус-фактор) G: I^BR i^0r i^0r F_2: I^Bi^0Rr – третья группа крови, положительный резус-фактор, i^0i^0Rr – первая группа крови, положительный резус-фактор. Вероятность рождения детей, фенотипически сходных по рассматриваемым признакам с матерью (третья группа крови, положительный резус-фактор), составляет 100% в случае, если мать гомозиготна по аллелям группы крови и резус-фактору, и 50%, если мать гетерозиготна по аллелям группы крови и гомозиготная по аллелям резус-фактора.
3. Дано: ♀ - i^0i^0Rr ♂ - I^BI^BRr или I^Bi^0Rr	Решение: 1. P: ♀ i^0i^0Rr (первая группа, положительный резус-фактор) x ♂ I^BI^BRr (третья группа, положительный резус-фактор) G: i^0R i^0r I^BR I^Br F_1: I^Bi^0RR – третья группа крови, положительный резус-фактор, I^Bi^0Rr – третья группа крови, положительный резус-фактор, I^Bi^0Rr – третья группа крови, положительный резус-фактор, I^Bi^0rr – третья группа крови, отрицательный резус-фактор. 2. P: ♀ i^0i^0Rr (первая группа, положительный резус-фактор) x ♂ I^Bi^0Rr (третья группа, положительный резус-фактор) G: i^0R i^0r I^BR i^0R I^Br i^0r F_2: I^Bi^0RR – третья группа крови, положительный резус-фактор, i^0i^0RR – первая группа крови, положительный резус-фактор, I^Bi^0Rr – третья группа крови, положительный резус-фактор,

	i^0i^0Rr – первая группа крови, положительный резус-фактор, I^Bi^0Rr – третья группа крови, положительный резус-фактор, i^0i^0Rr – первая группа крови, положительный резус-фактор, I^Bi^0rr – третья группа крови, отрицательный резус-фактор, i^0i^0rr – первая группа крови, отрицательный резус-фактор. Вероятность рождения детей с отрицательной группой крови составляет 25%.
4. Дано: ♀ - I^Ai^0rr ♂ - I^AI^BRR или I^AI^BRr	Решение: 1. P: ♀ I^Ai^0rr x ♂ I^AI^BRR вторая группа, отрицательный резус-фактор; четвертая группа, положительная резус-фактор G: I^Ar, i^0r; I^AR, I^BR F_1: I^AI^ARr – вторая группа крови, положительный резус-фактор, I^AI^BRr – четвертая группа крови, положительный резус-фактор, I^Ai^0Rr – вторая группа крови, положительный резус-фактор, I^Bi^0Rr – третья группа крови, положительный резус-фактор. 2. P: ♀ I^Ai^0rr x ♂ I^AI^BRr вторая группа, положительный резус-фактор; четвертая группа, положительный резус-фактор G: I^Ar, i^0r; I^AR, I^BR, I^Ar, I^Br F_2: I^AI^ARr – вторая группа крови, положительный резус-фактор, I^AI^BRr – четвертая группа крови, положительный резус-фактор, I^AI^Arr – вторая группа крови, отрицательный резус-фактор, I^AI^Brr – четвертая группа крови, отрицательный резус-фактор, I^Ai^0Rr – вторая группа крови, положительный резус-фактор, I^Bi^0Rr – третья группа крови, положительный резус-фактор, I^Ai^0rr – вторая группа крови, отрицательный резус-фактор, I^Bi^0rr – третья группа крови, отрицательный резус-фактор. Вероятность рождения детей с третьей группой крови и отрицательным резус-фактором составляет 0% в случае, если отец гомозиготен по аллелям резус-фактора, и 12,5%, если отец гетерозиготен по аллелям резус-фактора.
5. Дано: ♀ - I^BI^Brr или I^Bi^0rr ♂ - i^0i^0Rr	Решение: 1. P: ♀ I^BI^Brr x ♂ i^0i^0Rr третья группа, отрицательный резус-фактор; первая группа, положительная резус-фактор G: I^Br; i^0R, i^0r F_1: I^Bi^0Rr – третья группа крови, положительный резус-фактор, I^Bi^0rr – третья группа крови, отрицательный резус-фактор. 2. P: ♀ I^Bi^0rr x ♂ i^0i^0Rr третья группа, отрицательный резус-фактор; первая группа, положительная резус-фактор

	G: I^Br i^0R i^0r i^0r F_2: I^Bi^0Rr – третья группа крови, положительный резус-фактор, I^Bi^0rr – третья группа крови, отрицательный резус-фактор, i^0i^0Rr – первая группа крови, положительный резус-фактор, i^0i^0rr – первая группа крови, отрицательный резус-фактор. Вероятность рождения детей с третьей группой крови и отрицательным резус-фактором составляет 0% в случае, если мать гомозиготна по аллелям группы крови, и 25%, если мать гетерозиготна по аллелям группы крови.
VIII. Задачи на хромосомное картирование	
1. Дано: А – простые соцветия а – сложные соцветия В – красные ягоды в – розовые ягоды	Решение: 1. Р: ♀ ааВВ x ♂ ААвв сложные соцветия простые соцветия красные ягоды розовые ягоды G: аВ Ав F_1: АаВв – простые соцветия, красные ягоды. 2. Р: ♀ АаВв x ♂ аавв простые соцветия сложные соцветия красные ягоды розовые ягоды G: АВ ав аВ Ав ав F_2: АаВв – простые соцветия, красные ягоды (10%), ааВв – сложные соцветия, красные ягоды (40%), Аавв – простые соцветия, розовые ягоды (40%), аавв – сложные соцветия, розовые ягоды (10%). Генетические карты могут быть двух видов: 
2. Дано: А – красные плоды а – розовые плоды В – карликовый рост в – высокий рост	Решение: 1. Р: ♀ ААвв x ♂ ааВВ красные плоды розовые плоды высокий рост карликовый рост G: Ав аВ F_1: АаВв – красные плоды, карликовый рост. 2. Р: ♀ АаВв x ♂ аавв красные плоды розовые плоды карликовый рост высокий рост G: АВ ав аВ Ав ав F_2: АаВв – красные плоды, карликовый рост (8%), ааВв – розовые плоды, карликовый рост (42%), Аавв – красные плоды, высокий рост (42%),

	аавв – розовые плоды, высокий рост (8%). Генетические карты могут быть двух видов: 
3. Дано: А – овальные листья а – округлые листья В – розовые плоды в – красные плоды	Решение: 1. Р: ♀ ААвв х ♂ ааВВ овальные листья, красные плоды — округлые листья, розовые плоды G: Ав, аВ F_1: АаВв – овальные листья, розовые плоды. 2. Р: ♀ АаВв х ♂ аавв овальные листья, розовые плоды — округлые листья, красные плоды G: АВ, аВ, Ав, ав F_2: АаВв – овальные листья, розовые плоды (13%), ааВв – округлые листья, розовые плоды (37%), Аавв – овальные листья, красные плоды (37%), аавв – округлые листья, красные плоды (13%). Генетические карты могут быть двух видов: 
4. Дано: А – высокие растения а – карликовые растения В – сложные соцветия в – простые соцветия	Решение: 1. Р: ♀ ААвв х ♂ ааВВ высокие растения, простые соцветия — карликовые растения, сложные соцветия G: Ав, аВ F_1: АаВв – высокие растения, сложные соцветия. 2. Р: ♀ АаВв х ♂ аавв высокие растения, простые соцветия — карликовые растения, сложные соцветия G: АВ, аВ, Ав, ав F_2: АаВв – высокие растения, сложные соцветия (19%), ааВв – карликовые растения, сложные соцветия (31%), Аавв – высокие растения, простые соцветия (31%), аавв – карликовые растения, простые соцветия (19%). Генетические карты могут быть двух видов: 38 38

<table>
<tr><td></td><td>
</td></tr>
<tr><td>5. Дано:
А – короткая шерсть
а – длинная шерсть
В – прямая шерсть
в – кудрявая шерсть</td><td>Решение:
1. Р: ♀ ААвв x ♂ ааВВ
короткая шерсть длинная шерсть
кудрявая шерсть прямая шерсть
G: Ав aB
F_1: АаВв – короткая прямая шерсть.

2. Р: ♀ АаВв x ♂ аавв
короткая шерсть длинная шерсть
кудрявая шерсть прямая шерсть
G: АВ ав
аВ
Ав
ав
F_2: АаВв – короткая прямая шерсть (22%),
ааВв – длинная прямая шерсть (28%),
Аавв – короткая кудрявая шерсть (28%),
аавв – длинная кудрявая шерсть (22%).
Генетические карты могут быть двух видов:
44 44

</td></tr>
</table>