

МБОУ Холмогойская средняя общеобразовательная школа

«Рассмотрено»  
на заседании Методического  
объединения Протокол № 1  
«30» августа 2023 год

«Согласовано»  
Зам. директора по УВР  
[подпись] / Нефедова А. А./  
«01» 09 2023 год

«Утверждаю»  
Врио директора школы  
[подпись] / Огородникова С. К./  
«01» 09 2023 год



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

Внеурочной деятельности «Решение генетических задач»

11 класс  
класс, уровень образования

1 год  
срок реализации программы

Составлена на основе требований к результатам основной образовательной программы основного среднего образования

ФИО учителя, составившего рабочую учебную программу  
Нелепова Ирина Михайловна

2023 года  
(год разработки)

**МБОУ Холмогойская средняя общеобразовательная школа**

«Рассмотрено»  
на заседании Методического  
объединения Протокол № \_\_\_  
«\_\_»\_\_\_\_\_2023год

«Согласовано»  
Зам.директора по УВР  
\_\_\_\_\_/ Нефедова А. А./  
«\_\_»\_\_\_\_\_2023год

«Утверждаю»  
Врио директора школы  
\_\_\_\_\_/Огородникова С. К./  
«\_\_»\_\_\_\_\_2023год

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

**Внеурочной деятельности «Решение генетических задач»**

**11 класс**

класс, уровень образования

**1 год**

срок реализации программы

**Составлена на основе** требований к результатам основной образовательной программы основного среднего образования

ФИО учителя, составившего рабочую учебную программу  
Нелепова Ирина Михайловна

2023 года  
(год разработки)

Предлагаемый курс предназначен для учащихся 11 класса. Курс включает материал по разделу биологии «Основы генетики. Решение генетических задач» и расширяет рамки учебной программы. Важная роль отводится практической направленности данного курса как возможности качественной подготовки к заданиям ЕГЭ из части С. Генетические задачи включены в кодификаторы ЕГЭ по биологии, причем в структуре экзаменационной работы считаются заданиями повышенного уровня сложности.

Курс демонстрирует связь биологии, в первую очередь, с медициной, селекцией. Межпредметный характер курса позволит заинтересовать школьников практической биологией, убедить их в возможности применения теоретических знаний для диагностики и прогнозирования наследственных заболеваний, успешной селекционной работы, повысить их познавательную активность, развить аналитические способности.

Как известно, количества часов (1 час в неделю), отводимых на изучение курса биологии в старших классах, недостаточно. Это приводит к тому, что некоторые темы курса биологии учащиеся осваивают фрагментарно, остаются пробелы в знаниях. И как показывает практика, одной из таких тем является «Решение генетических задач».

Для успешного решения генетических задач, обучающиеся должны свободно ориентироваться в основных генетических понятиях и законах, знать специальную терминологию и буквенную символику. Умение решать генетические задачи является важным показателем овладения учащимися теоретических знаний по генетике.

Генетические задачи не только конкретизируют и углубляют теоретические знания обучающихся, но и показывают практическую значимость представлений о механизмах наследования генов и хромосом, изменчивости и формирования признаков.

Для успешного решения задач по генетике следует уметь выполнять некоторые несложные операции и использовать методические приемы.

1. Прежде всего необходимо внимательно изучить **условие задачи**. Даже те учащиеся, которые хорошо знают закономерности наследования и успешно решают генетические задачи, часто допускают грубые ошибки, причинами которых является невнимательное или неправильное прочтение условия.
2. Следующим этапом является определение **типа задачи**. Для этого необходимо выяснить, сколько пар признаков рассматривается в задаче, сколько пар генов кодирует эти признаки, а также число классов фенотипов, присутствующих в потомстве от скрещивания гетерозигот или при анализирующем скрещивании, и количественное соотношение этих классов. Кроме того, необходимо учитывать, связано ли наследование признака с половыми хромосомами, а также сцеплено или независимо наследуется пара признаков. Относительно последнего могут быть прямые указания в условии. Также, свидетельством о сцепленном наследовании может являться соотношение классов с разными фенотипами в потомстве.
3. **Выяснение генотипов** особей, неизвестных по условию, является **основной методической операцией**, необходимой для решения генетических задач. При этом решение всегда надо начинать с особей, несущих рецессивный признак, поскольку они гомозиготны и их генотип по этому признаку однозначен – **aa**. Выяснение генотипа организма, несущего доминантный признак, является более сложной проблемой, потому что он может быть гомозиготным (**AA**) или гетерозиготным (**Aa**).
4. Конечным этапом решения является **запись схемы скрещивания (брака)** в соответствии с требованиями по оформлению, а также максимально подробное изложение всего хода рассуждений по решению задачи с обязательным логическим обоснованием каждого вывода. Отсутствие объяснения даже очевидных, на первый взгляд, моментов может быть основанием для снижения оценки на экзамене.

Однако опыт показывает, что большинство учащихся испытывает значительные трудности при решении генетических задач.

**Цели:** вооружение обучающихся знаниями по решению генетических задач, которые необходимы для успешной сдачи экзамена (часть С ЕГЭ); раскрытия роли генетики в познании механизмов наследования генов и хромосом, изменчивости и формирования признаков.

#### **Задачи курса:**

- формировать представление о методах и способах решения генетических задач для правильного их применения при решении задания части С ЕГЭ
- развивать общеучебные умения (умения работать со справочной литературой, сравнивать, выделять главное, обобщать, систематизировать материал, делать выводы), развивать самостоятельность и творчество при решении практических задач;
- воспитание личностных качеств, обеспечивающих успешность творческой деятельности (активности, увлеченности, наблюдательности, сообразительности), успешность существования и деятельности в ученическом коллективе

Программа курса рассчитана на 34 часа.

Важное место в курсе занимает практическая направленность изучаемого материала, реализация которой формирует у обучающихся практические навыки работы с исследуемым материалом, выступает в роли источника знаний и способствует формированию научной картины мира.

### **Требования к усвоению учебного материала. В результате изучения программы факультативного курса учащиеся**

#### **Будут знать:**

- общие сведения о молекулярных и клеточных механизмах наследования генов и формирования признаков; специфические термины и символику, используемые при решении генетических задач
- законы Менделя и их цитологические основы
- виды взаимодействия аллельных и неаллельных генов, их характеристику; виды скрещивания
- сцепленное наследование признаков, кроссинговер
- наследование признаков, сцепленных с полом
- генеалогический метод, или метод анализа родословных, как фундаментальный и универсальный метод изучения наследственности и изменчивости человека
- популяционно-статистический метод – основу популяционной генетики (в медицине применяется при изучении наследственных болезней)

#### **Будут уметь:**

- объяснять роль генетики в формировании научного мировоззрения; содержание генетической задачи;
- применять термины по генетике, символику при решении генетических задач;
- решать генетические задачи; составлять схемы скрещивания;
- анализировать и прогнозировать распространенность наследственных заболеваний в последующих поколениях
- описывать виды скрещивания, виды взаимодействия аллельных и неаллельных генов;
- находить информацию о методах анализа родословных в медицинских целях в различных источниках (учебных текстах, справочниках, научно-популярных изданиях, компьютерных базах данных, ресурсах Интернет) и критически ее оценивать;

**использовать приобретенные знания и умения в практической деятельности и в повседневной жизни для:**

- профилактики наследственных заболеваний;
- оценки опасного воздействия на организм человека различных загрязнений среды как одного из мутагенных факторов;
- оценки этических аспектов некоторых исследований в области биотехнологии (клонирование, искусственное оплодотворение)

**Формы контроля:** тематическое тестирование, составление схем скрещивания, создание тематических презентаций, составление вопросников, тестов силами обучающихся, формирование тематических справочников.

Во вводной части курса рекомендуется основное внимание сосредоточить на общих сведениях о молекулярных и клеточных механизмах наследования генов и формирования признаков; специфических терминах и символике, используемых при решении генетических задач.

В основной части курса особое внимание следует обратить на формирование практических навыков по анализу генетической задачи, составлению схем скрещивания с последующим ответом на определение генотипов и фенотипов изучаемых особей.

### **Содержание программы**

Курс предназначен для общеобразовательной подготовки школьников, которые в дальнейшем отдадут предпочтение экзамену по биологии, имеет образовательно-воспитательный характер и носит практико-ориентированный характер. Курс позволяет решить многие теоретические и прикладные задачи (прогнозирование проявления наследственных заболеваний, групп крови человека, вероятность рождения ребенка с изучаемым или альтернативным ему признаком и др).

**Введение (1 ч).** Цели и задачи курса. Актуализация ранее полученных знаний по разделу биологии «Основы генетики».

**Тема 1. Общие сведения о молекулярных и клеточных механизмах наследования генов и формирования признаков (3 ч).** Генетика – наука о закономерностях наследственности и изменчивости. Наследственность и изменчивость – свойства организмов. Генетическая терминология и символика. Самовоспроизведение – всеобщее свойство живого. Половое размножение. Мейоз, его биологическое значение. Строение и функции хромосом. ДНК – носитель наследственной информации. Значение постоянства числа и формы хромосом в клетках. Ген. Генетический код.

**Демонстрации:** модель ДНК и РНК, таблицы «Генетический код», «Мейоз», модели-аппликации, иллюстрирующие законы наследственности, перекрест хромосом; хромосомные аномалии человека и их фенотипические проявления.

**Тема 2. Законы Менделя и их цитологические основы (6 ч).** История развития генетики. Закономерности наследования признаков, выявленные Г. Менделем. Гибридологический метод изучения наследственности. Моногибридное скрещивание. Закон доминирования. Закон расщепления. Полное и неполное доминирование. Закон чистоты гамет и его цитологическое обоснование. Множественные аллели. Анализирующее скрещивание. Дигибридное и полигибридное скрещивание. Закон независимого комбинирования. Фенотип и генотип. Цитологические основы генетических законов наследования.

**Практическая работа № 1** «Решение генетических задач на моногибридное скрещивание».

**Практическая работа № 2** «Решение генетических задач на дигибридное скрещивание».  
**Демонстрации:** решетка Пеннета, биологический материал, с которым работал Г. Мендель.

**Тема 3. Взаимодействие аллельных и неаллельных генов. Множественный аллелизм. Плейотропия (5 ч).** Генотип как целостная система. Взаимодействие аллельных (доминирование, неполное доминирование, кодоминирование) и неаллельных (комплементарность, эпистаз и полимерия) генов в определении признаков. Плейотропия. Условия, влияющие на результат взаимодействия между генами.

**Практическая работа № 3** «Решение генетических задач на взаимодействие аллельных и неаллельных генов».

**Практическая работа № 4** «Определение групп крови человека – пример кодоминирования аллельных генов».

**Демонстрации:** рисунки, иллюстрирующие взаимодействие аллельных и неаллельных генов

- окраска ягод земляники при неполном доминировании;
- окраска меха у норки при плейотропном действии гена;
- окраска венчика у льна – пример комплементарности
- окраска плода у тыквы при эпистатическом взаимодействии двух генов
- окраска колосковой чешуи у овса – пример полимерии

**Тема 4. Сцепленное наследование признаков и кроссинговер (5 ч).** Хромосомная теория наследственности. Группы сцепления генов. Сцепленное наследование признаков. Закон Т. Моргана. Полное и неполное сцепление генов. Генетические карты хромосом. Цитологические основы сцепленного наследования генов, кроссинговера.

**Практическая работа № 5** «Решение генетических задач на сцепленное наследование признаков».

**Демонстрации:** модели-аппликации, иллюстрирующие законы наследственности, перекрест хромосом; генетические карты хромосом.

**Тема 5. Наследование признаков, сцепленных с полом. (5 ч).** Генетическое определение пола. Генетическая структура половых хромосом. Гомогаметный и гетерогаметный пол. Наследование признаков, сцепленных с полом.

**Практическая работа № 6** «Решение генетических задач на сцепленное с полом наследование».

**Демонстрации:** схемы скрещивания на примере классической гемофилии и дальтонизма человека

**Тема 6. Генеалогический метод (5 ч).** Генеалогический метод – фундаментальный и универсальный метод изучения наследственности и изменчивости человека. Установление генетических закономерностей у человека. Пробанд. Символы родословной.

**Практическая работа № 8** «Составление родословной».

**Демонстрации:** таблица «Символы родословной», рисунки, иллюстрирующие хромосомные аномалии человека и их фенотипические проявления.

**Тема 7. Популяционная генетика. Закон Харди-Вейнберга (3 ч).** Популяционно-статистический метод – основа изучения наследственных болезней в медицинской генетике. Закон Харди-Вейнберга, используемый для анализа генетической структуры популяций.

**Практическая работа № 9** «Анализ генетической структуры популяции на основе закона Харди-Вейнберга»

**Итоговое занятие (1 ч).** Подведение итогов.

### Тематическое планирование

№ п/п	Тема занятия	Количество часов			Форма проведения
		всего	теория	практика	
1.	Введение.	1 ч	1 ч	-	Вводная лекция; распределение тем сообщений, рефератов; тестирование
2.	Общие сведения о молекулярных и клеточных механизмах наследования генов и формирования признаков.	3 ч	3 ч	-	Лекция, сообщения учащихся, работа с моделями-апликациями и таблицами, тестирование
<b>Законы Менделя и их цитологические основы (6 ч)</b>					
3.	Законы Менделя и их цитологические основы		4 ч		Семинар, работа в группах, тестирование
4.	<b>Практическое занятие №1</b> «Решение генетических задач на моногибридное скрещивание».			1 ч	Практикум
5.	<b>Практическое занятие №2</b> «Решение генетических задач на ди - и полигибридное скрещивание».			1 ч	Практикум
<b>Взаимодействие аллельных и неаллельных генов. Множественный аллелизм. Плейотропия (5ч)</b>					
6.	Взаимодействие аллельных и неаллельных генов. Множественный аллелизм. Плейотропия		3 ч		Лекция с элементами беседы, работа с рисунками, иллюстрирующим и взаимодействие аллельных и неаллельных генов, работа по тексту
7.	<b>Практическое занятие № 3</b> «Решение генетических задач на взаимодействие аллельных и неаллельных генов».			1 ч	Практикум
8.	<b>Практическое занятие №4</b> «Определение групп крови человека – пример кодоминирования аллельных генов».			1 ч	Практикум
<b>Сцепленное наследование признаков и кроссинговер (5 ч)</b>					
9.	Сцепленное наследование признаков и кроссинговер		3 ч		Лекция, работа с моделями- апликациями, иллюстрирующих законы наследственности, перекрест хромосом; генетические карты хромосом
10.	<b>Практическое занятие №5</b> «Решение генетических задач на сцепленное наследование признаков».			2 ч	Практикум
<b>Наследование признаков, сцепленных с полом. (5 ч)</b>					

11.	Наследование признаков, сцепленных с полом.		2 ч		Лекция с элементами беседы, работа по схемам скрещивания
12.	<b>Практическое занятие №6</b> «Решение генетических задач на сцепленное с полом наследование».			3 ч	Практическая работа
<b>Генеалогический метод (5 ч)</b>					
13.	Генеалогический метод – фундаментальный и универсальный метод изучения наследственности и изменчивости человека.		2 ч		Беседа, работа по таблице «Символы родословной», рисункам, иллюстрирующим хромосомные аномалии человека и их фенотипические проявления, сообщения учащихся
14.	<b>Практическое занятие №7</b> «Составление родословной».			3 ч	Практикум
<b>Популяционная генетика. Закон Харди-Вейнберга (3 ч)</b>					
15.	Популяционная генетика. Закон Харди-Вейнберга.		1 ч		Лекция, работа с формулой – выражением закона Харди-Вейнберга
16.	<b>Практическое занятие № 8</b> «Анализ генетической структуры популяции на основе закона Харди-Вейнберга».			2 ч	Практикум
17.	Итоговое занятие.		1 ч		Ролевая игра



### **Темы рефератов и проектных работ:**

- Генетика: история и современность.
- Методы изучения наследственности человека.
- Генетическая медицина: шаги в будущее.
- Чем опасны близкородственные браки?
- Изучение и прогнозирование наследования конкретного признака в своей семье.
- Изучение проявления признаков у домашних питомцев.

### **Литература:**

#### **Для учащихся:**

- Барабанщиков Б.И., Сапаев Е.А. Сборник задач по генетике – Казань, издательство КГУ, 1988
- Гладков Л. А., Курейчик В. В., Курейчик В. М. Генетические алгоритмы: Учебное пособие — 2-е изд.. — М: Физматлит, 2006. — С. 320. — ISBN 5-9221-0510-8.
- Захаров В.Б. Общая биология: Учебник для 10-11 классов общеобразовательных учебных заведений. – М.: Дрофа, 2002. – 624с.
- Киреева Н.М. Биология для поступающих в ВУЗы. Способы решения задач по генетике. – Волгоград: Учитель, 2003. – 50с.
- Петросова Р.А. Основы генетики. Темы школьного курса. – М.: Дрофа, 2004. – 96с.
- Фросин В.Н. Учебные задачи по генетике – Казань, издательство «Магариф», 1995

#### **Для учителя:**

- Беркинблит М.Б., Глаголев С.М., Иванова Н.П., Фридман М.В., Фуралев В.А., Чуб В.В. Методическое пособие к учебнику «Общая биология» - М.: МИРОС, 2000. – 93с.
- Гофман-Кадошников П.Б. Задачник по общей и медицинской генетике – М., 1969, 155 с.
- Гуляев Г.В. Задачник по генетике – М., Колос, 1980, 78 с.
- Муртазин Г.М. Задачи и упражнения по общей биологии. Пособие для учителей. – М.: Просвещение, 1981. – 192с.
- Орлова Н.Н. Сборник задач по общей генетике – М., издательство МГУ, 1982, 128 с.
- Петунин О.В. Элективные курсы. Их место и роль в биологическом образовании.// –Биология в школе». – 2004. - №7.
- Рувинский А.О., Высоцкая Л.В., Глаголев С.М. Общая биология: Учебник для 10-11 классов школ с углубленным изучением биологии. – М.: Просвещение, 1993. – 544с.

## Приложение

### Фрагмент занятия № 1-3

#### Задачи:

- учить самостоятельно добывать знания, используя дополнительную литературу;
- учить делать краткие сообщения и расширенные доклады по поставленным вопросам;
- повторение и закрепление основных терминов и понятий генетики, формирование умений свободно оперировать данными понятиями;
- объяснение целей и задач данного элективного курса.

#### Примерный теоретический материал к занятию. История первых открытий.

Мендель Грегор Иоганн (1822-1884) – чешский ученый, основоположник генетики. В 1843 году закончил университет по курсу «Философия». (В то время курс философии был значительно шире, чем сейчас, и включал в себя также естественные науки и математику). Сразу же по окончании университета Мендель постригся в монахи в августинский монастырь в г. Брюнне (ныне Брно); позже он стал настоятелем этого монастыря. В 1856-1863 гг. провел знаменитые опыты по гибридизации гороха, результаты которого были изложены в 1865 году в Обществе испытателей природы в Брюнне, а затем опубликованы в работе «Опыты над растительными гибридами». Успеху работ Менделя способствовало то, что при проведении экспериментов он использовал строгую и хорошо продуманную методику. Основные ее особенности заключаются в следующем:

- использование самоопыляющегося растения (горох);
- использование только чистых линий (на выведение которых он потратил несколько лет);
- исключение возможности случайного переопыления (проводилось либо перекрестное опыление самим исследователем, либо имело место самоопыление);
- в начале своих исследований Мендель наблюдал за наследованием одного признака, и лишь после установления закономерностей наследования одного признака он перешел к изучению наследования одновременно нескольких признаков;
- выбор для работы признаков, встречающихся лишь в двух четко различающихся формах (альтернативные признаки). Всего Менделем было взято 7 таких признаков;
- индивидуальный анализ потомства каждого скрещивания;
- использование больших выборок и математических методов обработки результатов своих экспериментов.

Основное значение работ Менделя для всего последующего развития биологии состоит в том, что он впервые сформулировал основные закономерности наследования: дискретность наследственных факторов и независимое их комбинирование при передаче из поколения в поколение. Следует иметь в виду, что во времена Менделя биологи придерживались принципиально иных взглядов на наследование: они были сторонниками теории слитной наследственности. Мендель сформулировал законы наследования задолго до того, как были открыты материальные носители наследственности (хромосомы и гены) и механизмы, обеспечивающие передачу этих носителей следующим поколениям – мейоз и двойное оплодотворение у цветковых растений.

#### Основные генетические понятия и термины. Хромосомная теория наследственности.

##### 1. Генетические понятия и термины.

Для изучения любой науки необходимо знание ее специальных терминов и понятий. Познакомимся с основными терминами и понятиями науки генетики.

Наследственность и изменчивость – два противоположных свойства организма, которые составляют единое целое. Именно эти свойства являются основой для эволюции органического мира. **Наследственность** – это способность организма сохранять и

передавать следующему поколению свои признаки и особенности развития. Благодаря этой способности каждый вид сохраняет свои свойства из поколения в поколение.

**Изменчивость** – это способность организма изменяться в процессе индивидуального развития под воздействием факторов среды.

Единица материальной основы наследственности – **ген** – участок молекулы ДНК, ответственный за проявление какого-либо признака. Гены располагаются в определенных участках хромосом – **локусах**.

**Наследственный фактор** – введенное Г. Менделем понятие, которым он обозначил признак, передающийся по наследству. Впоследствии для определения этого понятия В. Иогансенем был введен термин «ген».

Реализация признака у организма осуществляется по схеме: ген → белок → признак.

**Гомологичные хромосомы** – хромосомы, содержащие одинаковый набор генов, сходных по морфологическим признакам, конъюгирующие в профазе I мейоза.

**Диплоидная клетка** – клетка, имеющая два гомологичных набора хромосом.

У диплоидных клеток в гомологичных хромосомах находятся гены, регулирующие развитие одних и тех же признаков. Парные гены, расположенные в одних и тех же локусах гомологичных хромосом и ответственные за появление одного признака (например, цвета волос, глаз, формы уха и т.д.), называются **аллельными генами (аллелями)**.

**Аллели** обозначаются буквами латинского алфавита: А, а, В, в, С, с и т.д.

Аллельные гены могут нести одинаковые или противоположные качества одного признака. Последние называются **альтернативными**. Альтернативными являются, например, аллели темной и светлой окраски волос, серого и карего цвета глаз, желтой и зеленой окраски семян.

Аллельные гены могут быть доминантными и рецессивными.

**Доминантный признак (ген)** – господствующий, преобладающий признак, проявляется всегда как в гомозиготном, так и в гетерозиготном состоянии. Доминантный признак обозначается заглавными буквами латинского алфавита: А, В, С и т.д.

**Рецессивный признак (ген)** – подавляемый признак, проявляющийся только в гомозиготном состоянии. В гетерозиготном состоянии рецессивный признак может полностью или частично подавляться доминантным. Он обозначается соответствующей строчной буквой латинского алфавита: а, в, с и т.д.

**Гомозигота** – это клетка (особь), имеющая одинаковые аллели одного гена в гомологичных хромосомах (АА или аа).

**Гетерозигота** – это клетка (особь), имеющая разные аллели одного гена в гомологичных хромосомах (Аа), т.е. несущая альтернативные признаки.

**Генотип** – совокупность всех наследственных признаков (генов) организма, полученных особью от родителей, а также новых свойств, появившихся в результате мутаций генов, которых не было у родителей.

**Фенотип** – совокупность внутренних и внешних признаков, которые проявляются у организма при взаимодействии со средой в процессе индивидуального развития организма.

Передача наследственных признаков происходит при делении клетки и размножении организма: при половом размножении – через половые клетки – **гаметы**; при бесполом размножении через соматические клетки.

**Соматические клетки** – клетки тела.

**Геном** – совокупность генов в гаплоидном наборе хромосом данного организма.

**Кариотип** – совокупность признаков хромосомного набора (число, размер, форма хромосом), характерных для того или иного вида.

**Генофонд** – Совокупность генов популяции вида или другой систематической единицы на данном отрезке времени.

**Мутация** – внезапно возникающие наследственные изменения генотипа.

### **Обозначения и символы, используемые в генетике.**

Родительские особи (лат. «парентс») – Р.

Женская особь – ♀.

Мужская особь – ♂.

Особь первого поколения, гибридные особи (лат. «филии») –  $F_1$ .

Второе поколение гибридов –  $F_2$ .

Гаметы –  $G$ .

Доминантные аллели –  $A, B, C \dots$

Рецессивные аллели –  $a, b, c \dots$

Гетерозигота –  $Aa$ .

Доминантная гомозигота –  $AA$ .

Рецессивная гомозигота –  $aa$ .

Дигетерозигота (гетерозигота при дигибридном скрещивании) –  $AaBb$ .

Доминантная гомозигота при дигибридном скрещивании –  $AABB$ .

Рецессивная гомозигота при дигибридном скрещивании –  $aabb$ .

## 2. Методы генетики.

Для изучения закономерностей наследственности и изменчивости используются различные методы науки.

**1. Гибридологический метод** – это скрещивание различных по своим признакам организмов с целью изучения характера наследования признаков у потомства. Этот метод был использован Г. Менделем при изучении наследования семи контрастных признаков у растений гороха.

Организмы, гомозиготные по одному или нескольким признакам, получаемые от одной самоопыляющейся или самооплодотворяющейся особи и не дающие в потомстве проявления альтернативного признака, называются *чистой линией*.

Организмы, полученные от скрещивания двух генотипически разных организмов, называются *гибридами*.

По результатам гибридизации определяются доминантные признаки, по характеру проявления признаков у гибридов – полное или частичное подавление рецессивных признаков.

**2. Цитологические методы** основаны на анализе кариотипа особей, изучении процесса мейоза, поведения хромосом в мейозе и образования гамет.

При изучении хромосомного набора любого организма учитываются следующие правила:

- 1) число хромосом в соматических клетках каждого вида в норме постоянно;
- 2) у диплоидных организмов в соматических клетках все хромосомы парные, гомологичные; гаплоидный набор хромосом имеют только гаметы, а у растений – гаметофит;
- 3) каждая хромосомная пара индивидуальна и отличается по своим параметрам от других; при окрашивании имеет различную дифференциальную окраску – чередование светлых и темных полос.

Для систематизации и изучения кариотипа хромосомы располагаются попарно по мере убывания их величины.

**3. Молекулярно-генетический метод** основан на изучении структуры генов, их количества и последовательности расположения в ДНК; выявлении нуклеотидной последовательности отдельных генов, генных аномалий, определении генома организма, т.е. всей структуры ДНК, содержащейся в гаплоидном наборе хромосом.

## 3. Хромосомная теория наследственности.

Основные положения хромосомной теории наследственности были сформулированы американским ученым Томасом Морганом в 1911 году. В основе теории лежит поведение хромосом в мейозе, от которого зависит качество образующихся гамет.

Основные положения хромосомной теории наследственности:

- Единицей наследственной информации является ген, локализованный в хромосоме.

- Каждая хромосома содержит множество генов; гены в хромосомах располагаются линейно, каждый ген имеет определенное место (локус) в хромосоме.
- Гены наследственно дискретны, относительно стабильны, но при этом могут мутировать.
- Гены, расположенные в одной хромосоме, наследуются совместно, сцеплено.
- Сцепление генов может нарушаться в процессе мейоза в результате кроссинговера, что увеличивает число комбинаций генов в гаметах.
- Частота кроссинговера прямо пропорциональна расстоянию между генами.
- В процессе мейоза гомологичные хромосомы, а следовательно, аллельные гены попадают в разные гаметы.
- Негомологичные хромосомы расходятся произвольно, независимо друг от друга и образуют различные комбинации в гаметах.

### ***Значение хромосомной теории наследственности.***

\*Дала объяснение законам Менделя.

\*Вскрыла цитологические основы наследования признаков.

\*Объяснила генетические основы теории естественного отбора.

## **Фрагмент занятия № 4. Моногибридное скрещивание.**

### **Задачи:**

- повторить сущность первого и второго законов генетики;
- продолжать формировать умения применять знания о митозе, мейозе и оплодотворении для объяснения генетических закономерностей;
- познакомить учащихся с различными генетическими явлениями и закономерностями;
- продолжать формировать умения пользоваться генетической символикой.

### **Примерный теоретический материал к занятию.**

**Моногибридное скрещивание – скрещивание форм, отличающихся друг от друга по одной паре альтернативных (контрастных) признаков, передающихся по наследству.**

Впервые закономерности наследования были установлены Г.Менделем с помощью гибридологического метода. Для своих опытов Мендель использовал особи, относящиеся к чистым линиям (гомозиготные), отличающиеся по одной паре альтернативных признаков.

#### ***Схема 1-го скрещивания (представителей двух чистых линий).***

P	фенотип	желтые семена	x	зеленые семена
P	генотип	AA	x	aa
		↓		↓
G		A		a
F <sub>1</sub>	генотип	Aa		
F <sub>1</sub>	фенотип	желтые семена		

В результате все гибриды первого поколения имеют одинаковый генотип и фенотип. Эту закономерность называют **законом единообразия первого поколения или первым законом Менделя.**

При моногибридном скрещивании у гибридов первого поколения проявляются только доминантные признаки: фенотип их и генотип их единообразны.

Для второго скрещивания используются гибриды первого поколения F<sub>1</sub>.

#### ***Схема 2-го скрещивания***

**(гибридов первого поколения).**

P	фенотип	желтые семена	x	желтые семена	
P	генотип	Aa	x	Aa	
G		↓   ↓		↓   ↓	
		A   a		A   a	
F <sub>2</sub>	генотип	AA	Aa	Aa	aa
F <sub>2</sub>	фенотип	жел.	жел.	жел.	зелен.

Для удобства расчета результатов скрещивания принято использовать схему, предложенную ученым Пеннетом (решетка Пеннета). В ней по вертикали указывают гаметы женской особи, а по горизонтали – мужской. В местах пересечений записывают генотипы зигот, полученных в результате случайного оплодотворения.

**Решетка Пеннета для приведенной выше схемы скрещивания.**

	♂	A	a
♀	A	AA	Aa
	a	Aa	aa

Таким образом, при скрещивании гибридов первого поколения во втором поколении происходит расщепление признаков: у основной части потомков (3/4) присутствует ген А и фенотипически проявляется доминантный признак, а у части потомков с генотипом аа проявляется рецессивный признак. **Эту закономерность называют законом расщепления признаков (второй закон Менделя).**

**При скрещивании двух гетерозиготных особей (гибридов первого поколения) во втором поколении наблюдается расщепление признаков по фенотипу в соотношении 3:1, а по генотипу – 1: 2:1.**

**Цитологические основы моногибридного скрещивания.**

Расщепление признаков во втором поколении объясняется сохранением рецессивного гена в гетерозиготном состоянии. При переходе в гомозиготное состояние рецессивный ген вновь проявляется в виде признака. Эту закономерность Мендель назвал «гипотезой чистоты гамет».

Эта гипотеза или закон гласит, что находящиеся в каждом организме пары наследственных факторов не смешиваются и не сливаются и при образовании гамет по одному из каждой пары переходят в них в чистом виде: одни гаметы несут доминантный ген, другие – рецессивный. Гаметы никогда не бывают гибридными по данному признаку. Для наследования признака не имеет значения, какая именно гамета несет ген признака – отцовская или материнская; у дочернего организма в одинаковой степени проявляются доминантные признаки и не проявляются рецессивные.

Исходные родительские особи гомозиготны (AA и аа) и дают только один тип гамет – А или а соответственно. При слиянии гамет в зиготу попадают гомологичные хромосомы с альтернативными признаками, поэтому все полученные потомки являются гетерозиготными гибридами с генотипом Аа, но проявляется в фенотипе только доминантный признак.

Гибриды первого поколения гетерозиготны (Аа). Так как при мейозе гомологичные хромосомы попадают в разные гаметы, то гибриды дают два типа гамет: А и а. В процессе оплодотворения происходит свободная комбинация двух типов гамет и образуются 4

варианта зигот с генотипами: AA, 2Aa и aa. В фенотипе проявляются только два признака, причем потомков с доминантным признаком в 3 раза больше, чем с рецессивным.

### *Полное и неполное доминирование.*

**Полное доминирование** – один из видов взаимодействия аллельных генов, при котором один из аллелей (доминантный) в гетерозиготе полностью подавляет проявление другого аллеля (рецессивного). Например, у гороха ген желтой окраски семян полностью подавляет проявление гена зеленой окраски семян. При полном доминировании во втором поколении расщепление по фенотипу 3:1.

Доминантный признак не всегда полностью подавляет рецессивный, поэтому возможно появление промежуточных признаков у гибридов. **Неполное доминирование** – один из видов взаимодействия аллельных генов, при котором один из аллелей (доминантный) в гетерозиготе не полностью подавляет проявление другого аллеля (рецессивного), и в F<sub>1</sub> выражение признака носит промежуточный характер. Так, например, при скрещивании двух чистых линий растения ночной красавицы с красными и белыми цветками первое поколение гибридов оказывается розовым. Происходит неполное доминирование признака окраски, и красный цвет лишь частично подавляет белый. Во втором поколении расщепление признаков по фенотипу оказывается равным расщеплению по генотипу – 1:2:1.

У человека неполное доминирование проявляется при наследовании структуры волос. Ген курчавых волос доминирует над геном прямых волос не в полной мере. И у гетерозигот наблюдается промежуточное проявление признака – волнистые волосы. Неполное доминирование широко распространено в природе.

### *Летальные гены*

Иногда расщепление признаков во втором поколении может отклоняться от ожидаемых (3:1 – при полном доминировании, 1:2:1 – при неполном доминировании) результатов. Это связано с тем, что в некоторых случаях гомозиготы по одному из признаков оказываются нежизнеспособными. В этих случаях говорят о *летальных генах*. **Летальные гены (лат. «леталис» - смертельный) – гены, в гомозиготном состоянии вызывающие гибель организма из-за нарушения нормального хода развития.** Появление летальных генов – следствие мутаций, которые в гетерозиготном организме не проявляют своего действия. Примеры. 1) Серые каракульские овцы, гомозиготные по доминантному признаку серой окраски, погибают после рождения из-за недоразвития желудка. 2) Примером доминантного летального гена является брахидактилия у человека (укороченные пальцы). Гомозиготы по данному пальцу погибают на ранних стадиях развития зародыша, а признак проявляется только у гетерозигот. 3) Примером рецессивного летального гена является ген серповидно-клеточной анемии у человека. В норме эритроциты имеют форму двояковогнутого диска. При серповидно-клеточной анемии они приобретают вид серпа, а физиологический эффект выражается острой анемией и снижением количества кислорода, переносимого кровью. У гетерозигот заболевание не проявляется, эритроциты все же имеют измененную форму. Гомозиготы по этому признаку в 95% случаев гибнут в раннем возрасте из-за кислородной недостаточности, а гетерозиготы вполне жизнеспособны. 4) У растений есть ген, отвечающий за развитие хлорофилла. Если он подвергся мутации и оказался в гомозиготном состоянии, то вырастающее бесцветное растение погибает на стадии всходов из-за отсутствия фотосинтеза. В изолированных популяциях, где велика вероятность перехода летальных генов в гомозиготное состояние, смертность потомства достигает 8%.

### *Анализирующее скрещивание.*

**Анализирующее скрещивание** – скрещивание, проводящееся для определения генотипа организма.

**Анализирующее скрещивание** – это скрещивание особи с доминантным признаком, но неизвестным генотипом с особью, гомозиготной по рецессивному признаку,

генотип которой всегда  $aa$ . По результату скрещивания определяется генотип особи с доминантным признаком.

*I вариант. Если при скрещивании особи с доминантным признаком с рецессивной гомозиготной особью полученное потомство единообразно, то анализируемая особь с доминантным признаком гомозиготна.*

P	фенотип	доминантный признак	x	рецессивный признак
P	генотип	$A\_$	x	$aa$
G		↓      ↓ $A$ $\_$		↓ $a$
F <sub>1</sub>	фенотип	доминантный признак		
	генотип	$Aa$		

**Вывод:** если потомство единообразно, то неизвестный ген  $A$ , т.е. генотип анализируемой особи  $AA$ .

*II вариант. Если при скрещивании особи с доминантным признаком с рецессивной гомозиготной особью полученное потомство дает расщепление 1:1, то исследуемая особь с доминантным признаком гетерозиготна.*

P	фенотип	доминантный признак	x	рецессивный признак
P	генотип	$A\_$		$aa$
G		↓      ↓ $A$ $\_$		↓ $a$
F <sub>1</sub>	фенотип	доминантный признак		рецессивный признак
	генотип	$Aa$		$aa$
1:1				

**Вывод:** если у потомства происходит расщепление признаков, то неизвестный ген рецессивный и генотип анализируемой особи  $Aa$ .

Анализирующее скрещивание часто используется в селекции растений и животных для определения генотипа особи с доминантным признаком и выведения чистой линии.

### Решение задач на моногибридное скрещивание.

#### Алгоритм решения прямых задач.

**Под прямой задачей подразумевается такая, в которой известны генотипы родителей, необходимо определить возможные генотипы и фенотипы потомства в первом и втором поколениях.**

Для решения задачи следует составить схему, аналогичную той, что использовалась для записи результатов моногибридного скрещивания.

Алгоритм действий	Пример решения задачи.
1. Чтение условия задачи.	1. Задача. При скрещивании двух сортов томатов с гладкой и опушенной кожицей в первом поколении все плоды оказались с гладкой кожицей. Определите генотипы исходных родительских форм и гибридов первого поколения. Какова вероятность получения в потомстве плодов с гладкой кожицей? Плодов с опушенной кожицей?



2. Введение буквенного обозначения доминантного и рецессивного признаков.	2. Решение. Если в результате скрещивания все потомство имело гладкую кожу, то этот признак - доминантный (А), а опушенная кожа – рецессивный признак (а).												
3. Составление схемы 1-го скрещивания, запись фенотипов, а затем генотипов родительских особей.	3. Так как скрещивались чистые линии томатов, родительские особи были гомозиготными. Р фенотип ♀ гладкая кожа x ♂ опушенная кожа Р генотип ♂ AA x ♀ aa												
4. Запись типов гамет, которые могут образовываться во время мейоза.	4. ↓ A ↓ a (Гомозиготные особи дают только один тип гамет.)												
5. Определение генотипов и фенотипов потомков, образующихся в результате оплодотворения.	5. F <sub>1</sub> генотип Aa фенотип гладкая кожа												
6. Составляем схему второго скрещивания.	6. Р фенотип ♀ гладкая кожа x ♂ гладкая кожа Р генотип ♂ Aa x ♀ Aa												
7. Определяем гаметы, которые дает каждая особь.	7. ↓ A ↓ a ↓ A ↓ a (Гетерозиготные особи дают два типа гамет).												
8. Составляем решетку Пеннета и определяем генотипы и фенотипы потомков.	8. Генотип F <sub>2</sub> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td>♀</td> <td>♂</td> <td>A</td> <td>A</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td></td> <td>AA</td> <td>Aa</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td></td> <td>Aa</td> <td>Aa</td> </tr> </table> <p style="text-align: center;">Aa Aa Aa aa гл. гл. гл. опуш.</p>	♀	♂	A	A	A		AA	Aa	A		Aa	Aa
♀	♂	A	A										
A		AA	Aa										
A		Aa	Aa										
9. Отвечаем на вопросы задачи полными предложениями, записывая все вычисления.	Вероятность появления в F <sub>2</sub> плодов с гладкой кожей: 4 - 100% 3 - x      x = (3x100):4 =75%  Вероятность появления в F <sub>2</sub> плодов с опушенной кожей: 100%-75% =25%.												
10. Записываем ответ по образцу:	Ответ: AA, aa, Aa / 75%, 25%.												

#### Алгоритм решения обратных задач.

**Под обратной задачей имеется в виду такая задача, в которой даны результаты скрещивания, фенотипы родителей и полученного потомства; необходимо определить генотипы родителей и потомства.**

1. Читаем условие задачи.	1. Задача. При скрещивании двух дрозофил с нормальными крыльями у 32 потомков были укороченные крылья, а у 88 потомков – нормальные крылья. Определите доминантный и рецессивный признаки. Каковы генотипы родителей и потомства?
2. По результатам	2. Решение. Скрещивались мухи с нормальными крыльями,

скрещивания F <sub>1</sub> или F <sub>2</sub> определяем доминантный и рецессивный признаки и вводим обозначение.	а в потомстве оказались мухи с редуцированными крыльями. Следовательно, нормальные крылья – доминантный признак (А), а редуцированные крылья – рецессивный признак (а).																				
3. Составляем схему скрещивания и записываем генотип особи с рецессивным признаком или особи с известным по условию задачи генотипом.	<p>3.</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">P</td> <td style="width: 15%;">фенотип</td> <td style="width: 15%;">♀ норм. крылья</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">x</td> <td style="width: 15%;">♂ норм. крылья</td> </tr> <tr> <td>P</td> <td>генотип</td> <td>♂ A<sub>-</sub></td> <td style="text-align: center;">x</td> <td>♀ A<sub>-</sub></td> </tr> <tr> <td>F<sub>1</sub></td> <td>фенотип</td> <td>88 норм. крылья</td> <td></td> <td>32 редуц. крылья</td> </tr> <tr> <td></td> <td>генотип</td> <td>A<sub>-</sub></td> <td></td> <td>aa</td> </tr> </table>	P	фенотип	♀ норм. крылья	x	♂ норм. крылья	P	генотип	♂ A <sub>-</sub>	x	♀ A <sub>-</sub>	F <sub>1</sub>	фенотип	88 норм. крылья		32 редуц. крылья		генотип	A <sub>-</sub>		aa
P	фенотип	♀ норм. крылья	x	♂ норм. крылья																	
P	генотип	♂ A <sub>-</sub>	x	♀ A <sub>-</sub>																	
F <sub>1</sub>	фенотип	88 норм. крылья		32 редуц. крылья																	
	генотип	A <sub>-</sub>		aa																	
4. Определяем типы гамет, которые может образовать каждая родительская особь.	<p>4. Родительские особи обязательно образуют гаметы с доминантным геном. Так как в потомстве появляются особи с рецессивным признаком, значит у каждого из родителей есть один ген с рецессивным признаком. Отсюда:</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">P</td> <td style="width: 15%;">фенотип</td> <td style="width: 15%;">норм. крылья</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">x</td> <td style="width: 15%;">норм. крылья</td> </tr> <tr> <td>P</td> <td>генотип</td> <td>Aa</td> <td style="text-align: center;">x</td> <td>Aa</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">↓   ↓</td> <td></td> <td style="text-align: center;">↓   ↓</td> </tr> <tr> <td>G</td> <td></td> <td style="text-align: center;">A   a</td> <td></td> <td style="text-align: center;">A   a</td> </tr> </table>	P	фенотип	норм. крылья	x	норм. крылья	P	генотип	Aa	x	Aa			↓   ↓		↓   ↓	G		A   a		A   a
P	фенотип	норм. крылья	x	норм. крылья																	
P	генотип	Aa	x	Aa																	
		↓   ↓		↓   ↓																	
G		A   a		A   a																	
5. Определяем генотип и фенотип потомства, полученного в результате оплодотворения, записываем схему.	<p>5.</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">F<sub>1</sub></td> <td style="width: 15%;">генотип</td> <td style="width: 15%;">AA</td> <td style="width: 10%;">Aa</td> <td style="width: 10%;">Aa</td> <td style="width: 10%;">aa</td> </tr> <tr> <td></td> <td>фенотип</td> <td>88 (норм.</td> <td>норм.</td> <td>норм.</td> <td>редуц.)</td> </tr> </table>	F <sub>1</sub>	генотип	AA	Aa	Aa	aa		фенотип	88 (норм.	норм.	норм.	редуц.)								
F <sub>1</sub>	генотип	AA	Aa	Aa	aa																
	фенотип	88 (норм.	норм.	норм.	редуц.)																
6. Записываем ответ задачи.	Ответ: доминантный признак – нормальные крылья/ Aa и Aa/ AA, 2Aa, aa.																				

**Фрагмент итогового занятия элективного курса  
«Решение генетических задач».**

**Участники занятия.**

Учащиеся 9-11 классов.

**Цели занятия.**

- Проверка усвоения основных законов наследственности, терминологии, символики;
- проверка усвоения основных алгоритмов решения генетических задач;
- проверка сформированности навыков решения генетических задач повышенной сложности на моногибридное скрещивание, дигибридное скрещивание, сцепленное наследование генов, наследование, сцепленное с полом, комплементарность, эпистаз и др.
- развитие логического мышления;
- развитие познавательной самостоятельности, интереса к изучаемому предмету;
- воспитание внимательности, сосредоточенности

**Продолжительность занятия – 1 урок.**

**Оборудование.**

- Распечатанные задачи (усложненные задачи помечены \*);
- ответы к задачам;
- готовые решения задач;

**Ход занятия.**

1. Вступительное слово учителя: постановка цели перед учащимися.  
Цель: решить все предложенные задачи для проверки усвоения навыков решения генетических задач.
2. Учащиеся самостоятельно выбирают задачи, решают их на доске, объясняют решение. Для самопроверки пользуются готовыми ответами. В случае затруднения могут помогать друг другу, в случае расхождения с ответами - коллективно находить ошибки.
3. В конце занятия учитель анализирует а) степень самостоятельности;  
б) степень усвоения материала.

#### Задача 1.

У разводимых в неволе лисиц доминантный ген вызывает появление платиновой окраски, а в гомозиготном состоянии обладает летальным действием (гибнут эмбрионы). Рецессивный аллель определяет серебристо-серую окраску. Скрещивали платиновых лисиц между собой и получили 72 потомка.

1. Сколько типов гамет образуется у платиновой лисицы?
2. Сколько животных погибло в эмбриональном состоянии?
3. Сколько разных жизнеспособных генотипов образуется при таком скрещивании?
4. Сколько родилось серебристо-серых лисят?
5. Сколько родилось платиновых лисят?

#### Задача 2.

У человека серповидноклеточная анемия наследуется как признак неполностью доминантный. У доминантных гомозигот развивается сильная анемия, приводящая к смерти, а у гетерозигот анемия проявляется в легкой форме. Малярийный плазмодий не может усваивать аномальный гемоглобин, поэтому люди, имеющие ген серповидноклеточной анемии, не болеют малярией. В семье у обоих супругов легкая форма анемии.

1. Сколько типов гамет образуется у каждого супруга?
2. Сколько разных фенотипов может быть среди детей этой пары?
3. Какова вероятность рождения ребенка с тяжелой формой анемии?
4. Какова вероятность рождения ребенка, устойчивого к малярии?
5. Какова вероятность рождения ребенка, чувствительного к малярии?

#### Задача 3.

Владелец нескольких тигров нормальной (поперечной) «окраски» приобрел тигра с продольными полосками на шкуре (рецессивный признак). Скрестив его с одним из своих тигров, он получил тигрят «в клеточку». При скрещивании клетчатых тигров между собой в потомстве преобладали клетчатые животные, но встречались и тигрята с поперечными и продольными полосками.

- 1) Опишите одним словом генотип «клетчатого» тигра.
- 2) **Сколько гамет** может образовать полосатый тигр?
- 3) Какова вероятность появления во втором поколении тигрят в клеточку?
- 4) Является ли клетчатый рисунок рецессивным признаком?
- 5) Можно ли говорить о полном доминировании поперечной окраски?

#### Задача 4.

В родильном доме перепутали двух детей. Родители одного из них имеют I и II группы крови, родители другого – II и IV. Исследование показало, что дети имеют I и II группы крови. Определите, кто чей ребенок.

#### Задача 5.

У морских свинок черная окраска шерсти (А) доминирует над белой, курчавая шерсть (В) – над гладкой, а короткая шерсть (Д) – над длинной. Скрещивали свинок с белой гладкой

длинной шерстью с тригетерозиготными свинками, у которых шерсть черная курчавая короткая.

1. Сколько типов гамет образуется в организме родительской свинки с черной курчавой короткой шерстью?
2. Сколько разных фенотипов получится у потомков при описанном скрещивании?
3. Сколько разных генотипов получится при описанном скрещивании?
4. Какова вероятность появления потомства с белой длинной шерстью?

#### **Задача 6.**

У человека темные волосы, карие глаза, веснушки на лице – доминантные признаки, а светлые волосы, голубые глаза, отсутствие веснушек – рецессивные.

Темноволосая женщина, имеющая синие глаза и веснушки на лице вышла замуж за светловолосого мужчину с карими глазами, без веснушек. У них родился светловолосый голубоглазый сын без веснушек на носу. С какой вероятностью может родиться темноволосый кареглазый ребенок без веснушек?

#### **Задача 7.\***

Здоровая женщина вступает в брак со здоровым мужчиной. У них рождается 5 сыновей. Один страдает дальтонизмом, но имеет нормальную кровь, один – страдает гемофилией, но имеет нормальное зрение, а один страдает дальтонизмом и гемофилией. Определите генотипы родителей, объясните причину появления у детей таких фенотипов, укажите название процесса.

#### **Задача 8.\***

Скрещены две чистые линии мышей: в одной из них животные имеют черную шерсть нормальной длины, а другой – длинную серую. Гены нормальной длины шерсти (А) и серой окраски (В) - доминантные. Гибриды F<sub>1</sub> имеют шерсть нормальную серую. При анализирующем скрещивании получилось следующее расщепление: мышат с нормальной серой шерстью – 89, с нормальной черной – 36, с длинной серой – 35 и длинной черной – 88. Какой процент составят кроссоверные мышата?