

Рассмотрено  
на заседании  
методического  
объединения  
Протокол № 1  
от « 30 » 08 2021 г.,  
Руководитель МО:  
С.А. Казаков

Согласовано  
« 30 » 08 2021 г.  
Зам. директора по УВР  
Марина Владимировна

Утверждено  
Директор школы  
А.А. Казаков  
« 30 » 08 2021 г.



## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

Элективного курса

«Решение задач по генетике»

Класс \_\_\_\_\_ 11 \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ 2021-2022 \_\_\_\_\_ учебный год

г. Чапаевск, 2021 г

## Пояснительная записка

### Рабочая программа составлена на основе:

1. Федеральный государственный образовательный стандарт среднего общего образования (утв. [приказом](#) Министерства образования и науки РФ от 17 мая 2012 г. N 413)
2. Основной образовательной программы ГБОУ СОШ №13г.о. Чапаевск;

Вторую половину 20 века многие ученые называют «золотым веком» биологии. Именно в этот период получает свое развитие такая наука, как генетика. Интерес к генетике обусловлен несколькими причинами. Во-первых, это естественное стремление человека познать самого себя. Во-вторых, после того как были побеждены многие инфекционные болезни – чума, холера, оспа и др., – увеличилась относительная доля наследственных болезней. В-третьих, после того как были поняты природа мутаций и их значение в наследственности, стало ясно, что мутации могут быть вызваны факторами внешней среды, на которые ранее не обращали должного внимания. Началось интенсивное изучение воздействия на наследственность излучений и химических веществ. С каждым годом в быту, сельском хозяйстве, пищевой, косметической, фармакологической промышленности и других областях деятельности применяется все больше химических соединений, среди которых используется немало мутагенов. К, сожалению, в школьном курсе «Общей биологии» уделяется минимум часов на генетику и практически не выделяется время на решение генетических задач. Именно поэтому раздел «Генетика» является одними из самых сложных для понимания в школьном курсе общей биологии. Облегчению усвоения этого раздела может способствовать курс «Решение задач по генетике».

Решение задач, как учебно-методический прием изучения генетики, имеет важное значение. Его применение способствует качественному усвоению знаний, получаемых теоретически, повышая их образность, развивает умение рассуждать и обосновывать выводы, существенно расширяет кругозор изучающего генетику, т.к. задачи, как правило, построены на основании документальных данных, привлеченных из области частной генетики растений, животных, человека. Использование таких задач развивает у школьников логическое мышление и позволяет им глубже понять учебный материал, а преподаватель имеет возможность осуществлять эффективный контроль уровня усвоенных учащимися знаний. Курс будет полезен тем учащимся, которые хотели бы разобраться в сложных вопросах, связанных с наследованием признаков у организмов, поможет разобраться в том, что осталось неясным после изучения темы по учебнику. Поэтому возникла необходимость в создании данного курса.

Данный курс позволит развить у учащихся умения и навыки решения задач по основным разделам классической генетики. Кроме того, курс «Решение задач по генетике» будет способствовать развитию интереса к предмету, а также представит практическую значимость общей биологии для различных отраслей производства, селекции, медицины. Курс позволит

учащимся усвоить основные понятия, термины и законы генетики, разобраться в генетической символике, применять теоретические знания на практике, объяснять жизненные ситуации с точки зрения генетики, подготовиться к сдаче ЕГЭ.

Основные разделы содержат краткие теоретические пояснения закономерностей наследования и предполагают решение задач. Курс рассчитан на тех, кто уже обладает знаниями по генетике и молекулярной биологии, но может быть использован и для тех, у кого таких знаний еще нет. Например, при подготовке учащихся 9-х классов к биологическим олимпиадам или поступлению в ВУЗы. В зависимости от уровня подготовленности учащихся учитель может подбирать типичные задачи или задачи разного уровня сложности, а также по своему усмотрению увеличивать количество часов по отдельным разделам.

Программа предусматривает проведение аудиторных занятий, в начале которых даются теоретические знания учителем, затем приводятся примеры решения задач и в конце учащимся предлагаются задачи для самостоятельного решения (для неподготовленных учащихся). Для подготовленных учащихся в начале проводится краткое повторение теоретического материала, а затем учащиеся решают задачи. Контроль за выполнением проводится учителем, либо совместно с учениками. В заключение курса учащиеся представят мини-проекты с собственными задачами по разным разделам.

### ***Цели и задачи программы***

**Цель:** освоение методики решения генетических задач разного уровня сложности и различной типологии.

**Задачи:**

1. Способствовать развитию интереса у учащихся к предмету.
2. Ликвидировать имеющиеся пробелы в знаниях после изучения темы в школьном курсе.
3. Определить практическую значимость генетических знаний и умений решать задачи по генетике.
4. Подготовить мини-проекты с собственными задачами по генетике.

***Общая характеристика учебного процесса: методы и формы работы, средства обучения.***

**Методы:**

- эмпирические (изучение литературы; наблюдение; анализ; решение задач);
- теоретические (сравнение; обобщение; анализ; классификация);

Формы организации учебной деятельности в рамках элективного курса:

- беседа;
- лекции;
- практические работы исследовательского характера;

Средства обучения:

- мультимедийные средства (компьютер, проектор, компьютерные презентации);
- наглядный материал (генетическая символика);
- интернет-ресурсы.

***Характеристика временных ресурсов, необходимых для усвоения курса.***

Программа «Решение задач по генетике» рассчитана на 17 часов (1 час в неделю в течение полугодия) для учащихся 10-11 классов.

### ***Планируемые образовательные результаты***

***Учащиеся должны знать:***

- основные понятия, термины и законы генетики
- генетическую символику

***Учащиеся должны уметь:***

- правильно оформлять условия, решения и ответы генетических задач
- решать типичные задачи
- логически рассуждать и обосновывать выводы.

***Критерии эффективности реализации программы, формы контроля и методы оценки знаний, умений и навыков учащихся.***

Усвоение материала по программе курса можно проследить через тестирование, отчёты по решению задач, самостоятельные творческие работы, зачёт по каждому блоку.

### *Список рекомендуемой литературы*

1. Гончаров О.В. Генетика. Саратов: «Лицей», 2005
2. Лобашов М.Е. Генетика с основами селекции. М.: Просвещение, 1979
3. Петросова Р.А. Основы генетики. М.: «Дрофа», 2004
4. Приходченко Н.Н. Основы генетики человека. Ростов-на-Дону, Феникс, 1997
5. <http://gendocs.ru>
6. <http://www.modernbiology.ru>

личностные результаты

— готовность и способность обучающихся к саморазвитию, сформированность мотивации к учению и познанию, ценностно-смысловые установки выпускников начальной школы, отражающие их индивидуально-личностные позиции, социальные компетентности, личностные качества; сформированность основ российской, гражданской идентичности;

•

метапредметные результаты

— освоенные обучающимися универсальные учебные действия (познавательные, регулятивные и коммуникативные);

• предметные результаты в новом понимании, при реализации системно-деятельностного подхода, освоенный обучающимися в ходе изучения учебных предметов опыт специфической для каждой предметной области деятельности по получению нового знания, его преобразованию и применению, а также система основополагающих элементов научного знания, лежащая в основе современной научной картины мира.

Перечень метапредметных и личностных результатов освоения ООП НОО под

## Содержательная часть

### Учебно-тематический план.

№	Тема	Количество часов				Формы контроля
		Всего	Ауди-торных	Внеауди-торных	В т.ч. на практич часть	
1	Введение. Основные генетические понятия и термины.	1	1	1		тест
2	Менделевская генетика	3	3	3, в т.ч консультации		Тест, решение задач
3	Сцепленное наследование. Кроссинговер.	2	2	2	1	Самост работа, задачи
4	Генетика пола.	2	2	2		Тест, задачи
5	Взаимодействие генов: кодоминирование, комплементарность, эпистаз, полимерия.	4	4	4		Самост работа, задачи
6	Составление и анализ родословных	2	2	2	1	Сам работа со схемами родословных
7	Генетика популяций. Закон Харди-Вайнберга	2	2	2		Сам работа, задачи
8	Итоговое занятие. Защита проектов «Задачи по генетике и их практическое применение»	1	1	1		Защита проектов
	<b>Итого:</b>	<b>17</b>	<b>17</b>	<b>17</b>	<b>2</b>	

#### Содержание курса

1. Введение. Основные генетические понятия и термины-1 час.
2. Менделеевская генетика – 3 часа. Законы Менделя. Моногибридное скрещивание и дигибридное скрещивание. Решение задач. Наследование летальных генов при моно- и дигибридном скрещивании.
3. Сцепленное наследование. Кроссинговер – 2 часа. Определение расстояния между генами, картирование хромосом. Решение задач на сцепленное наследование.
4. Генетика пола – 2 часа. Решение задач на наследование признаков, сцепленных с половыми хромосомами.

5. Взаимодействие генов – 4 часа. Типы взаимодействия: кодоминирование, комплементарность, эпистаз, полимерия. Решение задач на эти типы взаимодействий.
6. Составление и анализ родословных – 2 часа. Анализ родословных с различными типами наследования признаков. Символы, применяемые для составления родословных. Решение задач.
7. Генетика популяций. Закон Харди-Вайнберга. Решение задач с использованием формулы частоты встречаемости аллелей в популяции.
8. Итоговое занятие. Защита проектов учащихся «Задачи по генетике и их практическое применение»

### Календарно-тематическое планирование по программе курса

№	Тема	Кол-во часов	Содержание	Форма проведения
1	Введение. Основные генетические понятия и термины.	1	Что изучает генетика, методы генетики, типы наследования признаков. Обозначения и символы, используемые в генетике.	Лекция с элементами беседы
<b>Менделевская генетика 3 часа</b>				
2	Моногибридное скрещивание	1	Моногибридное скрещивание, 1-й и 2-й законы Менделя. Анализирующее скрещивание.	Беседа, самостоятельная работа учащихся по решению задач.
3	Дигибридное скрещивание	1	Правило независимого комбинирования признаков 3-й закон Менделя	Беседа, самостоятельная работа учащихся по решению задач.
4	Наследование летальных генов	1	Наследование летальных генов при моно- и дигибридном скрещивании	Лекция, решение задач
<b>Сцепленное наследование. Кроссинговер 2 часа</b>				
5	Сцепленное наследование	1	Закон Т.Моргана, кроссинговер	Лекция, решение задач
6	Картирование хромосом	1	Определение расстояния между генами, составление генетических карт	Практическое занятие «Составление генетических карт по расстоянию между генами»
<b>Генетика пола 2 часа</b>				
7	Определение пола	1	Половые хромосомы. Гомо- и гетерогаметный пол	Лекция
8	Наследование признаков, сцепленных с полом	1	Характер наследования признаков при сцеплении гена с половыми	Беседа, решение задач

			хромосомами	
<b>Взаимодействие генов 4 часа</b>				
9	Кодоминирование	1	Наследование групп крови у человека, как пример кодоминирования.	Лекция, решение задач
10	Комплементарность	1	Различные сочетания генотипов и разные фенотипические проявления	Лекция с примерами решения задач.
11	Эпистаз	1	Подавление одними генами других	Лекция с примерами решения задач.
12	Полимерия	1	Множественное действие генов.	Лекция с примерами решения задач.
<b>Составление и анализ родословных 2 часа</b>				
13-14	Анализ родословных	2	Анализ родословных при различном типе наследования признаков	Лекция, самостоятельная работа по изучению родословных
<b>Генетика популяций. Закон Харди-Вайнберга 2 часа</b>				
15	Генетика популяций	1	Популяционная генетика, как один из разделов генетики.	Лекция
16	Закон Харди-Вайнберга	1	Генетическая структура популяций, частота встречаемости гамет, закон Харди-Вайнберга	Решение задач с использованием закона Харди-Вайнберга
<b>Итоговое занятие 1 час</b>				
17	Подведение итогов курса	1	Защита проектов на тему «Задачи по генетике и их практическое применение»	Защита проектов



## *Приложение*

### **Занятие №1**

#### ***Введение. Основные генетические понятия и термины.***

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 свою генетическую информацию, признаки и особенности развития потомству.

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

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

Реализация признака осуществляется по схеме: ген – белок – признак.

*Аллельные гены*- парные гены, расположенные в одних и тех же локусах гомологичных хромосом и ответственные за проявление одного признака.

Аллельные гены могут быть доминантными и рецессивными.

*Доминантный ген*- господствующий, преобладающий. Обозначается заглавными буквами А, В, С.

*Рецессивный ген*- подавляемый и проявляется только в гомозиготном состоянии. Обозначается строчной буквой латинского алфавита а, в, с.

*Гомозигота*- клетка, имеющая одинаковые аллели одного гена в гомологичных хромосомах (АА или аа)

*Гетерозигота*- это клетка, имеющая разные аллели одного гена, т.е. несущая альтернативные признаки.

*Генотип*- совокупность всех признаков организма, полученных от родителей.

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

#### **Тест на закрепление:**

1. Совокупность генов, полученных потомками от родителей, называется...

- а) генотип
- б) фенотип
- в) кариотип
- г) генофонд

2. Совокупность внешних и внутренних признаков, полученных потомками от родителей, называется...

- а) генотип
- б) фенотип
- в) кариотип
- г) генофонд

3. Расщепление – это...

- а) проявление у потомков признака одного из родителей
- б) явление, при котором часть особей несет доминантный, а часть особей-рецессивный признак
- в) явление совместного наследования признаков
- г) проявление признака у особей мужского пола в одной форме, у женского – в другой

4. Альтернативными называются...

- а) любые два признака организма
- б) взаимоисключающие, контрастные признаки
- в) признаки гибридов
- г) признаки, определяемые генами, локализованными в одной хромосоме

7. Доминантным называется...

- а) любой признак организма
- б) признак, проявляющийся у гетерозиготных особей
- в) признак, не проявляющийся у гетерозиготных особей
- г) признак, которым одна особь отличается от другой

8. Рecessивным называется...

- а) любой признак организма
- б) признак, проявляющийся у гетерозиготных особей
- в) признак, не проявляющийся у гетерозиготных особей
- г) признак, которым одна особь отличается от другой

9. Доминированием называется...

- а) совместное наследование признаков
- б) зависимость проявления признака от пола родителей
- в) наличие у гибридов признака одного из родителей
- г) степень выраженности признака

8. Аллельными генами называются...

- а) гены, локализованные в одной хромосоме
- б) гены, локализованные в разных хромосомах
- в) гены, локализованные в одних и тех же локусах гомологичных хромосом
- г) гены, локализованные в разных локусах различных хромосом

9. Аллелизм – это...

- а) явление парности генов
- б) явление расщепления признаков у гибридов
- в) явление совместного наследования признаков
- г) преобладание у гибридов признака одного из родителей

10. Аллель – это...

- а) место гена в хромосоме
- б) число генов в хромосоме
- в) форма существования гена
- г) одна из хромосом гомологичной пары

11. Гомозиготной называется...

- а) особь, имеющая две одинаковые аллели одного гена
- б) особь, имеющая две разные аллели одного гена
- в) особь, имеющая большое количество аллелей одного гена
- г) любая особь

12. Гетерозиготной называется...

- а) особь, имеющая две одинаковые аллели одного гена
- б) особь, имеющая две разные аллели одного гена
- в) особь, имеющая большое количество аллелей одного гена
- г) любая особь

## Занятие №2

### ***Моногибридное скрещивание.***

Закономерности наследования были впервые установлены Г. Менделем в результате многолетних (1856-1863) опытов с различными сортами гороха с помощью гибридологического метода.

*Моногибридное скрещивание* – скрещивание особей, различающихся по одной паре признаков.

*Анализирующее скрещивание* – скрещивание с гомозиготной особью по рецессивному признаку.

### ***Схема 1-го скрещивания***

<b>P:</b>	фенотип	желтые семена	x	зеленые семена
	генотип	AA		aa
		↓		↓
<b>G</b>		A		a
<b>F1:</b>	генотип	Aa		
	фенотип	желтые семена		

Эту закономерность называют *законом единообразия первого поколения* или *правилом доминирования*.

*При скрещивании двух гомозиготных особей с альтернативными признаками в первом поколении все гибриды одинаковы по фенотипу и похожи на одного из родителей.*

### ***Закон расщепления***

Для второго скрещивания используются гибриды первого поколения.

### ***Схема 2-го скрещивания***

<b>P1:</b>	фенотип	желтые семена	x	желтые семена
	генотип	Aa		Aa
		↓		↓
<b>G</b>		A a		A a
<b>F2:</b>	генотип	AA Aa Aa		aa
	фенотип	желтые семена		зеленые семена

Для удобства расчета результатов скрещивания принято использовать схему, предложенную ученым Пеннетом (*решетка Пеннета*)

гаметы	A	a
A	AA	Aa
a	Aa	aa

Соотношение расщепления: 1) по фенотипу 3:1; 2) по генотипу 1:2:1  
Эту закономерность называют *законом расщепления признаков* (2 закон Менделя)

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

**Решение задач:**

1. У пшеницы красная окраска колоса доминантна по отношению к белой. Гетерозиготное красноколосое растение скрещено с белоколосым. В  $F_2$  получено 128 растений.

- 1) Сколько типов гамет может образовать гетерозиготное растение с красным колосом?
- 2) Сколько типов гамет может образовать растение с белым колосом?
- 3) Сколько растений  $F_2$  могут быть гетерозиготными?
- 4) Сколько растений  $F_2$  могут быть красноколосыми?
- 5) Сколько разных генотипов может быть в  $F_2$ ?

2. У томата гладкая кожица плодов доминирует над опушенной. Гомозиготная форма с гладкими плодами скрещена с растением, имеющим опушенные плоды. В  $F_1$  получили 42 растения, в  $F_2$  – 489.

- 1) Сколько типов гамет может образовать растение с опушенными плодами?
- 2) Сколько растений  $F_1$  могут быть гетерозиготными?
- 3) Сколько растений  $F_2$  могут иметь гладкие плоды?
- 4) Сколько растений  $F_2$  могут иметь опушенные плоды?
- 5) Сколько генотипов может образоваться в  $F_2$ ?

3. У собак черная окраска шерсти доминирует над коричневой. Коричневая самка несколько раз спаривалась с гетерозиготным черным самцом, в результате чего получили 15 щенят.

- 1) Сколько типов гамет может образовать коричневая самка?
- 2) Сколько щенят из 15 могут иметь коричневую масть?
- 3) Сколько типов гамет может образовать черный самец?
- 4) Сколько щенят из 9, полученных от скрещивания данного самца с другой гетерозиготной самкой, могут иметь коричневую масть?
- 5) Сколько щенят в этом скрещивании могут быть гетерозиготными?

**Задачи для самостоятельного решения:**

1. У человека прямой разрез глаз доминирует над косым. Какой разрез глаз можно ожидать у детей, родители которого имеют прямой разрез глаз и генотип Аа?
2. Женщина с прямым носом (Аа) выходит замуж за мужчину с вогнутым носом (аа). Какой нос будут иметь дети от этого брака?
3. У дрозофилы нормальные крылья – доминантный признак, загнутые – рецессивный. Каким будет потомство от анализирующего скрещивания гетерозиготной особи с нормальными крыльями?

### Занятие №3

#### *Дигибридное скрещивание.*

*Дигибридное скрещивание* – это скрещивание особей, отличающихся по двум парам признаков.

#### *Схема 1-го скрещивания (представители 2-х чистых линий)*

**P:** генотип            ААВВ            х            аавв  
**G**                            АВ    ав  
**F1:** генотип    АаВв

Закон единообразия гибридов первого поколения.

#### *Схема 2-го скрещивания (гибридов первого поколения)*

**P1:** генотип            АаВв            х            АаВв  
**G1**                            АВ, Ав, аВ, ав                            АВ, Ав, аВ, ав

Строим решетку Пеннета

гаметы	АВ	Ав	аВ	ав
АВ	ААВВ	ААВв	АаВВ	АаВв
Ав	ААВв	ААвв	АаВв	Аавв
аВ	АаВВ	АаВв	ааВВ	ааВв
ав	АаВв	Аавв	аавВ	аавв

В результате второго скрещивания получаются особи четырех фенотипических групп. Это явление носит название *закона независимого наследования признаков* (третий закон Менделя)

*При дигибридном скрещивании во втором поколении наследование по каждой паре идет независимо друг от друга. В результате образуется четыре фенотипические группы в соотношении признаков 9:3:3:1, причем появляются группы с новыми сочетаниями признаков.*

#### **Вопросы для закрепления:**

1. Количество типов гамет, образуемых растением гороха с генотипом **АаВв**:  
а) 1            б) 2            в) 3            г) 4
2. Количество различных типов гамет, образуемых растением тыквы с генотипом **Аавв**:  
а) 1            б) 2            в) 3            г) 4

3. Количество типов гамет, образуемых растением фасоли с генотипом **ААВв**:
- а) 1            б) 2            в) 3            г) 4
4. Сколько типов гамет будет образовывать растение ржи с генотипом **аавв**:
- а) 1            б) 2            в) 3            г) 4
5. Организмы с генотипом **ААВв** образуют гаметы:
- а) АА, вв            б) Ав            в) А,в            г) А, в, Ав
6. Организмы с генотипом **АаВв** образуют гаметы:
- а) Аа, Вв            б) АВ, Ав, аВ, ав            в) АВ, ав            г) А, а, В, в
7. Организмы с генотипом **АаВВ** образуют гаметы:
- а) АА, ВВ, АВ    б) АВ, аВ            в) А, В, а            г) Аа, ВВ, АВ
8. Генотип карликового раннеспелого овса, если высокорослость (А) доминирует над карликовостью (а), раннеспелость (В) над позднеспелостью (в):
- а) Аавв            б) ААВв            в) ааВв            г) аавв
9. Вероятность рождения кареглазого правши, если один родитель – гомозиготный кареглазый правша, а второй – гомозиготный кареглазый левша (карий цвет глаз (А) доминирует над голубым (а), праворукость (В) над леворукостью (в)):
- а) 0%            б) 25%            в) 50%            г) 100%
10. Вероятность рождения альбиноса с прямыми волосами, если отец гетерозиготен, имеет прямые волосы и нормальную пигментацию, а мать гомозиготна и имеет такой же фенотип, как и отец ребенка (нормальная пигментация (А) доминирует над альбинизмом (а), а волнистые волосы (В) над прямыми (в)):
- а) 0%            б) 25%            в) 50%            г) 100%

### Решение задач:

1. У ячменя двурядный плотный колос – доминантные признаки, многоядерный рыхлый – рецессивные. От скрещивания двурядного рыхлоколосого сорта с многорядным плотноколосым в F1 получили 122 растения (имели двурядный плотный колос), в F2 – 1140
- а) Сколько типов гамет могут образовывать растения F1  
 б) Сколько растений F2 могут иметь многоядерный рыхлый колос,  
 в) Сколько разных фенотипов может быть в F2?  
 г) Сколько разных генотипов может быть F2?  
 д) Сколько растений F2 могут иметь многорядный плотный колос?
2. У дурмана пурпурная окраска цветков доминирует над белой, а колючие семенные коробочки – над гладкими. В F1 получили 145 растений, в F2 2199 растений.
- а) Сколько растений F1 могут быть гетерозиготными?  
 б) Сколько типов гамет может образовать растение в F2?  
 в) Сколько разных генотипов может образовываться в F2?  
 г) Сколько растений F2 могут иметь пурпурную окраску цветков и гладкие коробочки?

д) Сколько растений могут иметь белую окраску цветков в F2?

3. У арбуза зеленая окраска и шаровидная форма плодов – доминантные признаки, полосатая окраска и удлинённая форма плодов – рецессивные. Гомозиготное растение с удлинёнными зелеными плодами скрестили с гомозиготным растением, имеющим округлые полосатые плоды. В F1 получили 120 растений, в F2 – 966.

а) Сколько фенотипов могут иметь растения F1?

б) Сколько растений F1 будут гетерозиготными?

в) Сколько разных фенотипов могут иметь растения F2?

г) Сколько дигетерозиготных растений может быть в F2?

д) Сколько растений в F2 могут иметь полосатую окраску и удлинённую форму плодов?

### **Задачи для самостоятельного решения**

1. У морских свинок включённая шерсть **В** доминирует над гладкой **в**, а чёрная окраска **С** – над белой **с**. Гетерозиготная розеточная белая самка скрещена с гетерозиготным розеточным белым самцом. Определите формулу расщепления потомства по генотипу.

2. У гороха красная окраска венчика и высокий рост – доминантные признаки, белая окраска и карликовость – рецессивные. Какое потомство можно ожидать от анализирующего скрещивания гибридов, полученных в результате скрещивания гомозиготной по доминантным признакам особи с особью, гомозиготной по рецессивным признакам?

3. У томата шаровидная форма плодов доминирует над грушевидной, красная окраска плодов – над желтой. Какое расщепление по фенотипу и генотипу можно ожидать при самоопылении растения томата, гомозиготного по грушевидной и гетерозиготного по окраске плодов?

### **Занятие №4**

#### ***Наследование летальных и сублетальных генов***

Одной из причин возникновения отклонений от ожидаемого расщепления является разная жизнеспособность зигот. Например, в потомстве от скрещивания двух гетерозиготных линейных карпов



наблюдается расщепление по характеру чешуи в соотношении 2 линейных : 1 чешуйчатый. Это связано с тем, что гомозиготные по доминантной аллели формы гибнут на эмбриональной стадии развития. Гены, вызывающие нарушение в развитии организма и приводящие к его гибели, называют летальными. Гибель организма происходит на ранних этапах индивидуального развития, чаще всего на стадии зиготы. Сублетальные гены настолько понижают жизнеспособность особей, что они чаще всего погибают, не достигнув половой зрелости.

Летальные и сублетальные гены могут быть как доминантными, так и рецессивными. Гетерозиготные особи, несущие летальный ген, часто оказываются жизнеспособными.

При решении задач на наследование летальных генов прежде всего определите тип задачи, а затем решите ее, пользуясь соответствующим алгоритмом. **И помните, что расщепление потомства часто отличается от классического менделеевского.**

### Решение задач

1. У ячменя имеется ген, обуславливающий появление растений-альбиносов, которые погибают в фазе всходов. Он является рецессивным по отношению к доминантному аллелю, обуславливающему нормальное развитие хлорофилла. От скрещивания двух гетерозиготных по данному гену растений ячменя получили 670 плодоносящих растений.

а) Сколько типов гамет может образовывать гетерозиготное растение?

б) Сколько растений могло погибнуть в фазе всходов?

в) Сколько плодоносящих растений могут дать нерасщепляющееся потомство?

г) При скрещивании гетерозиготного растения с гомозиготным зеленым получили 122 растения. Сколько из них могут быть гетерозиготными?

д) Сколько растений при таком скрещивании могут иметь зеленую окраску листьев?

2. У каракульских овец доминантный ген в гетерозиготном состоянии обуславливает серую окраску меха, а в гомозиготном – летален. Рецессивная аллель этого гена обуславливает черную окраску меха. Серые овцы были покрыты серыми же баранами. В результате получили 73 ягненка.

а) Сколько типов гамет может образовывать серый баран.

б) Сколько живых ягнят могут иметь серую окраску меха?

в) Сколько может быть черных ягнят?

г) Сколько будет живых гомозиготных ягнят?

д) Сколько может быть мертворожденных ягнят?

3. У норки доминантный ген в гетерозиготном состоянии обуславливает серебристо-соболиную окраску меха («Боос», или «дыхание весны»), но имеет летальное действие в гомозиготном состоянии. Рецессивная аллель

обуславливает нормальную (темно-коричневую) окраску меха. Серебристо-соболиных норок спаривали между собой и получили 32 живых щенка.

а) Сколько типов гамет может образовать серебристо-соболиная норка?

б) Сколько щенят могло погибнуть в эмбриональном состоянии?

в) Сколько щенят могли быть гетерозиготными?

г) Сколько щенят могли иметь серебристо-серую окраску?

д) Сколько разных генотипов имели живые щенята?

### **Задачи для самостоятельного решения:**

1. Лисицы генотипа **Rr** имеют платиновую окраску, **rr** – серебристо-черную.

Обычно платиновые лисицы при скрещивании друг с другом дают расщепление 2 платиновые : 1 серебристо-черная. Но иногда рождаются чисто-белые щенки, которые вскоре погибают. Каков может быть их генотип?

2. Мыши генотипа **уу** – серые, **Уу** – желтые, **УУ** – гибнут на эмбриональной стадии развития. Каким будет потомство от скрещивания желтой самки и серого самца?

3. Хохлатые утки гетерозиготны по гену **A**, который в гомозиготном состоянии вызывает гибель эмбрионов. Рецессивная аллель этого гена обуславливает нормальное развитие признака. При скрещивании между собой хохлатых уток утята выводятся только из  $\frac{3}{4}$  яиц, а  $\frac{1}{4}$  гибнет перед вылуплением. Среди вылупившихся утят примерно  $\frac{2}{3}$  хохлатых и  $\frac{1}{3}$  нормальных. Каково будет потомство от скрещивания хохлатых уток с нормальными?

## **Занятие №5**

### ***Сцепленное наследование***

Каждый организм имеет огромное количество признаков, а число хромосом невелико. Следовательно, одна хромосома несет не один ген, а целую группу генов, отвечающих за развитие разных признаков.

Изучением наследования признаков, гены которых локализованы в одной хромосоме, занимался выдающийся американский генетик Т.Морган.

Явление совместного наследования признаков называют **сцеплением**. Материальной основой сцепления генов является хромосома. Гены, локализованные в одной хромосоме, наследуются совместно и образуют одну группу сцепления. Количество групп сцепления равно гаплоидному набору хромосом. Явление совместного наследования генов, локализованных в одной хромосоме, называют **сцепленным наследованием**. Сцепленное наследование генов, локализованных в одной хромосоме, называют **законом Моргана**.

Гены в хромосомах имеют разную силу сцепления. Сцепление генов может быть:

**-полным**, если гены, относящиеся к одной группе сцепления, всегда наследуются вместе;

**-неполным**, если между генами, относящимися к одной группе сцепления, возможна рекомбинация.

Сцепление генов может нарушаться в процессе кроссинговера; это приводит к образованию рекомбинантных хромосом. В зависимости от особенности образования гамет, различают:

**кроссоверные гаметы** – гаметы с хромосомами, претерпевшими кроссинговер;

**некроссоверные** – гаметы с хромосомами, образованными без кроссинговера.

Кроссинговер может быть одинарным, двойным, тройным, множественным.

При сцепленном наследовании признаков, гены которых локализованы в одной хромосоме, соотношение фенотипических классов потомства, полученного от скрещивания, часто отличается от классического менделевского. Это связано с тем, что часть гамет родительских особей является кроссоверной, а часть некроссоверной.

Вероятность возникновения перекреста между генами зависит от их расположения в хромосоме: чем дальше друг от друга расположены гены, тем выше вероятность перекреста между ними. За единицу расстояния между генами, находящимися в одной хромосоме, принят 1% кроссинговера. его величина зависит от силы сцепления между генами и соответствует проценту рекомбинантных особей от общего числа потомков. В честь Т.Моргана единица расстояния между генами названа морганидой.

Процент кроссинговера между генами вычисляют по формуле:  $x = \frac{a}{a+b} \cdot 100\%$ , где  $x$  – процент кроссинговера;  $a$  – число кроссоверных особей одного класса;  $b$  – число кроссоверных особей другого класса;  $p$  – общее число особей.

### **Решение задач:**

1. У кукурузы ген **в**, обуславливающий проявление рецессивного признака «укороченные междоузлия», и ген **с**, обуславливающий рецессивный признак «зачаточная метелка», локализованы в одной хромосоме. Расстояние между ними 4% кроссинговера. При скрещивании линии, имеющей укороченные междоузлия и нормальную метелку, с линией, имеющей нормальные междоузлия и зачаточную метелку, в F<sub>1</sub> получили 120 растений. От скрещивания их с линией-анализатором в F<sub>2</sub> получили 800 растений.

- 1) Сколько растений F<sub>1</sub> могут иметь оба признака в доминантном состоянии?
- 2) Сколько растений F<sub>2</sub> могут иметь укороченные междоузлия и нормальную метелку?
- 3) Сколько растений F<sub>2</sub> могут быть с нормальными междоузлиями и нормальной метелкой (%)?
- 4) Сколько растений F<sub>2</sub> могут иметь оба признака в доминантном состоянии?
- 5) Сколько растений F<sub>2</sub> могут иметь оба признака в рецессивном состоянии?

2. У кроликов английский тип окраски шерсти (белая пятнистость) доминирует над сплошной, а короткая шерсть - над длинной (ангорской). От скрещивания кроликов, имеющих оба доминантных признака, с кроликами, имевшими сплошной тип окраски и длинную шерсть, в F1 получили 124 гибрида, а в результате анализирующего скрещивания 468 животных F<sub>a</sub>, из которых 48 кроссоверных.

1) Какое потомство можно ожидать от скрещивания гибридов F1 между собой?

2) Какое потомство можно ожидать от анализирующего скрещивания гибридов F1?

3) какова вероятность появления крольчат с длинной шерстью и сплошной окраской от скрещивания дигетерозиготной самки с гомозиготным по рецессивным признакам самцом?

**Задача для самостоятельного решения:**

У человека врожденное заболевание глаз – катаракта (С) и одна из форм анемии – эллиптоцитоз (Е) наследуются сцеплено, как аутосомно-доминантные признаки. Какое потомство можно ожидать от брака дигетерозиготного мужчины, больного эллиптоцитозом и катарактой, и здоровой женщины при условии, что: 1) кроссинговер отсутствует; 2) кроссинговер имеет место.

**Занятие №6**

***Картирование хромосом***

Согласно хромосомной теории наследственности, гены в хромосомах располагаются линейно. **Генетическая карта хромосомы** – схематическое изображение относительного положения генов, входящих в одну группу сцепления.

О положении гена в группе сцепления судят по проценту кроссинговера, чем больше процент кроссинговера, тем дальше расположены гены.

**Решение задачи:**

Составьте карту хромосомы, содержащую гены А, В, С, Д, Е, если частота кроссинговера между генами С и Е равна 10%, С и А -1%, А и Е -9%, В и Е -6%, А и В -3%, В и Д -2%, Е и Д -4%.

1. Определяем крайние гены в хромосоме и наносим их на карту.

С \_\_\_\_\_ Е

2. Анализируем положение других генов

С   А   \_\_\_\_\_ Е

С   А          В   \_\_\_\_\_ Е

С   А          В    Д   \_\_\_\_\_ Е – карта хромосомы.

**Практическое занятие «Составление генетических карт по расстоянию между генами»:**

1. Гены А, В и С находятся в одной группе сцепления. Между генами А и В кроссинговер происходит с частотой 7,4%, между генами В и С – с частотой 2,9%. Определите взаиморасположение генов А, В и С, если расстояние между генами А и С равно 10,3% кроссинговера.

2. Гены А, В и С находятся в одной группе сцепления. Между генами А и В кроссинговер происходит с частотой 7,4%, между генами В и С – с частотой 2,9%. Определите взаиморасположение генов А, В и С, если расстояние между генами А и С равно 4,5% кроссинговера.

3. Составьте карту хромосомы, содержащую гены А, В, С, D, Е если частота кроссинговера между генами В и С равна 2,5%, С и А – 3,7%, А и Е – 6%, В и Е – 2,8%, А и В – 6,2%, В и D – 15%, А и D – 8,8%.

4. Составьте карту хромосомы, содержащую гены А, В, С, D, Е если частота кроссинговера между генами С и Е равна 5%, С и А – 14%, А и Е – 19%, В и Е – 12%, А и В – 7%, В и D – 2%, А и D – 3%.

## Занятие №7

### **Определение пола**

Пол можно рассматривать как один из признаков организма. Пол определяется сочетанием в зиготе половых хромосом.

**Аутосомы** – хромосомы одинаковые у самки и самца.

**Половые хромосомы** – пары хромосом, отличающиеся у самки и самца.

Пол, у которого имеются XX-хромосомы, называют *гомогаметным*. Пол, содержащий XY-хромосомы, называют *гетерогаметным*.

Соотношение полов, близкое к расщиплению 1:1. Существуют четыре основных типа хромосомного определения пола:

1. мужской пол гетерогаметен; 50% гамет несут X-хромосому, 50% Y-хромосому.

2. мужской пол гетерогаметен; 50% гамет несут X-хромосому, 50% не имеют половой хромосомы.

3. женский пол гетерогаметен; 50% гамет несут X-хромосому, 50% Y-хромосому.

4. женский пол гетерогаметен; 50% гамет несут X-хромосому, 50% не имеют половой хромосомы.

Организмы	Гаметы	
	самки	самцы
Человек	X и X	X и Y
Моль	X и O	X и X
Птицы	X и Y	X и X
Кузнечики	X и X	X и O
Дрозофила	X и X	X и Y

Наследование признаков, гены которых локализованы в X- или Y-хромосомах, называют **наследованием, сцепленным с полом**. У большинства организмов генетически активна только X-хромосома, в то время как Y-хромосома практически инертна. Гены, локализованные в Y-хромосоме, наследуются только от отца к сыну.

**Вопросы для самоконтроля:**

1. Каков механизм определения пола?
2. Когда происходит первичное определение пола?
3. каковы особенности наследования генов, локализованных в Y-хромосоме?
4. Какое значение для вида имеет соотношение полов 1:1?
5. Почему болезни, развитие которых контролируют гены, локализованные в X-хромосоме, чаще проявляются у мужчин?

**Выполните тест:**

1. Гомогаметным называется...  
а) пол, образующий один тип гамет                      в) пол, не образующий гамет  
б) пол, образующий два типа гамет                      г) пол, имеющий в гаметах только аутосомы
2. Гетерогаметным называется...  
а) пол, образующий один тип гамет                      в) пол, не образующий гамет  
б) пол, образующий два типа гамет                      г) пол, имеющий в гаметах только аутосомы
3. В какой группе организмов гомогаметным является женский пол?  
а) моль    в) бабочки  
б) дрозофила    г) куры
4. В какой группе гомогаметным является мужской пол?  
а) моль    в) кузнечики  
б) дрозофила    г) куры
5. В норме самцы дрозофилы имеют набор половых хромосом:  
а) XX    в) YO  
б) XY    г) XO
6. Гены, локализованные в Y-хромосоме, передаются...  
а) от отца сыновьям                                      в) от матери сыновьям  
б) от отца дочерям                                      г) от матери дочерям
7. Соотношение полов, близкое к расщеплению 1:1, у большинства раздельнополых организмов наблюдается...  
а) потому, что оба пола гомогаметны  
б) потому, что оба пола гетерогаметны  
в) потому, что один пол гомогаметен, другой гетерогаметен  
г) случайно

**Занятие №8**

***Наследование признаков, сцепленных с полом.***

Задачи на наследование, сцепленное с полом, решаются так же, как и на дигибридное, но при этом следует учитывать, что форма записи генотипов иная – обязательно указывается, в какой из половых хромосом локализован ген, контролирующий развитие признака.

При решении задач на наследование сцепленное с полом учитываем:

1. Один пол гомогаметный, другой гетерогаметный;
2. Часто признаки, сцепленные с полом, контролируются генами, локализованными в X-хромосоме.
3. Гомогаметный пол образует один тип гамет, гетерогаметный – два.
4. Если гомогаметным является женский пол, то сыновья всегда получают X-хромосому от матери, а Y-хромосому от отца, дочери получают по одной X-хромосоме от матери и от отца.
5. Гены, локализованные в Y-хромосоме, всегда передаются только от отца к сыну.
6. При записи генотипов скрещиваемых организмов при решении задач комбинированного типа (то есть когда рассматривается наследование признаков, гены которых локализованы в аутосомах и половых хромосомах) **сначала пишутся аутосомные гены, а затем гены, локализованные в половых хромосомах.** (верная запись **AaXX**, неверная – **XXAa**)

**Решение задач:**

1. Одна пара генов **B** и **b**, определяющих окраску шерсти у кошек, сцеплена с полом. Ген **B** обуславливает рыжую окраску, ген **b** – черную, а гетерозиготы **Bb** имеют пеструю окраску (черепаховую). Черного кота спаривали с пестрой кошкой. Получили 5 котят, 2 из них кошки.

- 1) Сколько котят имели рыжую масть?
- 2) Сколько кошек были рыжей масти?
- 3) Сколько кошек были черепаховыми?
- 4) Сколько котят были черными?
- 5) Сколько котов имели черную масть?

2. У человека цветовая слепота обусловлена рецессивным геном (**c**), а нормальное умение различать цвета – доминантным геном (**C**). Оба гена локализованы в X-хромосоме. Женщина с нормальным зрением, но гетерозиготная по этому признаку, вышла замуж за человека, страдающего цветовой слепотой. У них было 9 детей.

- 1) Сколько типов гамет может образовать женщина?
- 2) Сколько детей в этом браке могут иметь нормальное зрение?
- 3) Сколько девочек могли иметь нормальное зрение?
- 4) Сколько мальчиков могли иметь цветовую слепоту?

3. У канареек сцепленный с полом ген **B** определяет зеленую окраску оперения, **b** – коричневую. Наличие хохолка зависит от аутосомного гена **C**, его отсутствие – **c**. Зеленого хохлатого самца скрещивают с коричневой самкой без хохолка. Определите, какое потомство можно ожидать.

**Задачи для самостоятельного решения:**

1) У человека цветовая слепота обусловлена рецессивным геном (с), локализованным в X-хромосоме, а нормальное умение различать цвета – доминантным геном (С). Определите, каких детей можно ожидать от следующих браков:

а) ♀X<sub>c</sub>X<sub>c</sub> × ♂XCY

б) ♀XCX<sub>c</sub> × ♂XCY

в) ♀XCX<sub>c</sub> × ♂XCY

2) Аллергическое заболевание – геморрагический диатез у человека определяется рецессивным геном а. Аллели этого гена находятся и в X-, и в Y- хромосоме. Определите, каких детей и внуков можно ожидать, если:

1) жена здорова, муж болен (оба гомозиготны);

2) муж здоров (гетерозиготен), жена больна (гомозиготна).

3. У бронзовых индеек иногда наблюдаются дрожание тела, которое называется вибрированием. Эта аномалия обусловлена сцепленным с полом рецессивным геном v. Какова вероятность получения нормальных самцов от скрещивания гетерозиготных по данному гену самцов с аномальными самками?

## Занятие №9

### *Взаимодействие генов. Кодоминирование.*

Взаимоотношения между генами и признаками часто носят сложный характер:

- один и тот же ген может оказывать влияние на развитие нескольких признаков;

- один и тот же признак может развиваться под влиянием многих генов.

**Кодоминированием** называют такое взаимодействие аллельных генов, при котором у гетерозигот в фенотипе присутствует продукт обоих генов. Примером кодоминирования является наследование у человека группы крови систем АВО. Группа крови контролируется серией множественных аллелей одного гена О, А, В.

ОО – 1 группа крови;

АА или АО – вторая группа крови;

ВВ или ВО – третья группа крови;

АВ – четвертая группа крови.

### **Решение задач:**

1. Если у матери первая группа крови, а у отца вторая, то какие группы крови могут иметь их дети?

2. У троих детей в семье первая, вторая и третья группы крови. Какие группы крови могут быть у их родителей?

3. У матери первая группа крови, у ребенка вторая. какую группу крови может иметь отец ребенка?



4. Ребенок имеет четвертую группу крови. В одной семье у отца вторая, а у матери третья группа крови, в другой четвертая и первая. какая супружеская пара является родителем ребенка?
5. Если мать имеет четвертую группу крови, а отец третью, то какие группы крови невозможны у их детей?
6. В родильном доме перепутали двух мальчиков. У одного ребенка первая группа крови, у другого вторая группа крови. Анализ показал, что одна супружеская пара имеет первую и вторую группы крови, а другая вторую и четвертую. определите, какой супружеской паре принадлежит тот или иной ребенок.

### Занятие №10

#### **Комплементарность.**

На развитие одного признака может влиять не один ген, а несколько. Явление взаимодействия нескольких неаллельных генов, приводящее к развитию нового признака, отсутствующего у родителей, называется **комплементарностью**.

Результатом взаимодействия неаллельных генов является наследование формы гребня у кур. У кур имеются 4 формы гребня, проявление которых связано с взаимодействием двух пар неаллельных генов. Розовидный гребень обусловлен действием доминантного гена одной аллели – А, гороховидный – действием доминантного гена другой аллели – В. У гибридов при наличии двух доминантных неаллельных генов АВ образуется ореховидный гребень, а у рецессивных гомозигот аавв, развивается простой гребень.

#### **Схема 1-го скрещивания**

**P:** фенотип                      розовидный гребень      x      гороховидный гребень  
 генотип                                      ААвв                                      ааВВ  
**G:**    Ав    аВ  
**F1:** генотип    АаВв  
 фенотип    ореховидный гребень

#### **Схема скрещивания гибридов первого поколения**

**P1:** фенотип                      ореховидный гребень      x      ореховидный гребень  
 генотип                                      АаВв                                      АаВв  
**G:**    АВ, Ав, аВ, ав                                      АВ, Ав, аВ, ав  
**F2:**

гаметы	АВ	Ав	аВ	ав
АВ	ААВВ ореховидный	ААВв ореховидный	АаВВ ореховидный	АаВв ореховидный
Ав	ААВв Ореховидный	ААвв Розовидный	АаВв ореховидный	Аавв розовидный
аВ	АаВВ ореховидный	АаВв ореховидный	ааВВ гороховидный	ааВв гороховидный
ав	АаВв ореховидный	Аавв розовидный	ааВв гороховидный	аавв простой

### Задачи для самостоятельного решения:

1. У душистого горошка окраска цветов проявляется только при наличии двух доминантных генов А и В. Если в генотипе имеется только один доминантный ген, то окраска не развивается. Какое потомство  $F_1$  и  $F_2$  получится от скрещивания растений с генотипами  $AAbb$  и  $aaBB$ ?
2. Окраска цветов душистого горошка в красный цвет обусловлена двумя парами генов. Если хотя бы одна пара находится в рецессивном состоянии, то окраска не развивается. Одновременное присутствие в генотипе обоих доминантных генов вызывает развитие окраски. Каков генотип растений с белыми цветами, если при их скрещивании друг с другом все растения получились красного цвета?
3. Среди ферментов, участвующих в образовании хлорофилла у ячменя, имеется два фермента, отсутствие которых приводит к нарушению синтеза этого пигмента. Если нет одного из них, то растение становится белым, если нет другого – желтым. При отсутствии обоих ферментов растение также белое. Синтез каждого фермента контролируется доминантным геном. Гены находятся в разных хромосомах. Какое потомство следует ожидать при самоопылении гетерозиготного по обоим генам ячменя?

### Занятие № 11

#### *Эпистаз.*

Взаимодействие неаллельных генов, при котором ген одной аллельной пары подавляет проявление гена другой пары, называется **эпистазом**. Эпистатическое взаимодействие связано с синтезом регуляторных белков. В одном случае ген-подавитель способствует синтезу белка, который подавляет процесс транскрипции основного структурного гена, ответственного за развитие признака. В другом случае ген-подавитель, наоборот, не способствует синтезу регуляторного белка, который включает транскрипцию структурного гена. И в том и в другом случае не происходит развитие доминантного признака.

Различают два вида эпистаза: доминантный и рецессивный. Если ген-подавитель доминантный, то это *доминантный эпистаз*, если рецессивный, то это *рецессивный эпистаз*.

Примером доминантного эпистаза может служить наследование окраски шерсти у спаниелей. У них окраска шерсти может быть черной (**В**) и коричневой (**в**). Ингибирует развитие любой окраски доминантный ген **А**, в этом случае шерсть имеет белую окраску. Его рецессивная аллель (**а**) никак не влияет на развитие признака. Рассмотрим результаты скрещивания коричневой самки спаниеля с белым самцом.

#### *Схема скрещивания*

<b>Р:</b> фенотип	коричневая шерсть	х	белая шерсть
генотип	аавв		ААВВ

<b>G</b>		ав		АВ
<b>F1:</b>	фенотип		белая шерсть	
	генотип		АаВв	
<b>P:</b>	фенотип	белая шерсть	х	белая шерсть
	генотип	АаВв		АаВв
<b>G</b>		АВ, Ав, аВ, ав		АВ, Ав, аВ, ав
<b>F2</b>	фенотип	12 белых :	3 черных :	1 коричневый
Генотипы особей:		12 белых – 9 А_В_ + 3А_вв		
		3 черных – 3 ааВ		
		1 коричневый – 1 аавв		

### Решение задач:

1. Красная окраска луковицы у лука определяется доминантным геном, желтая окраска – рецессивным геном. Но проявление окраски возможно только при наличии другого доминантного гена, рецессивная аллель которого подавляет окраску (в этом случае луковицы будут белыми). Краснолуковичные растения скрещивались между собой. В потомстве оказались особи: 61 с красными луковицами, 22 с желтыми луковицами, 27 с белыми луковицами. Определить тип наследования и написать схему скрещивания.
2. При скрещивании черной крольчихи с нормальной шерстью с белым короткошерстным кроликом в первом поколении все крольчата имели черную нормальную шерсть, а во втором поколении произошло расщепление: 31 черный нормальношерстный, 9 голубых нормальношерстных, 13 белых нормальношерстных, 8 черных короткошерстных, 3 голубых короткошерстных, 4 белых короткошерстных. Определить тип наследования окраски и длины шерсти и написать схему скрещивания.
3. Окраска шерсти у мышей определяется 2 парами несцепленных генов. Доминантный ген одной пары определяет серую окраску, рецессивный ген – черную окраску. Доминантный ген другой пары способствует проявлению окраски, рецессивный ген подавляет окраску.
  - А) при скрещивании серых мышей между собой получено потомство из 82 серых, 35 белых и 27 черных мышат. Определить тип наследования и написать схему скрещивания.
  - Б) При скрещивании серых мышей между собой получено потомство из 58 серых и 19 черных мышат. Написать схему скрещивания.

## Занятие №12

### *Полимерия.*

Полимерным называют взаимодействие неаллельных генов, однозначно влияющих на развитие одного и того же признака. Такие гены называют полимерными, или множественными, и обозначаются одинаковыми буквами с соответствующим индексом. (например А1, А2)

Чаще всего полимерные гены контролируют количественные признаки (высота растений, масса животных, яйценоскость кур)

Полимерия может быть кумулятивной (суммирующей) и некумулятивной.

При кумулятивной полимерии степень проявления признака зависит от числа доминантных аллелей соответствующих полимерных генов, содержащихся в генотипе особи. Например, чем больше доминантных аллелей генов, отвечающих за окраску кожи, содержится в генотипе человека, тем его кожа темнее.

При некумулятивной полимерии степень развития признака зависит не от количества доминантных аллелей соответствующих полимерных генов, а лишь от их наличия в генотипе. Например, куры с генотипом **a1a1a2a2** имеют неоперенные ноги, во всех остальных случаях – ноги оперены.

1. У пшеницы плотность колоса определяется по числу колосков на 10 см длины колосового стержня. Различают следующие типы плотности колоса: рыхлый – меньше 17 колосков, средней плотности – 17-20, выше средней – 20-23, плотный – 23-26, очень плотный – больше 26. Предположим, что плотность колоса определяется двумя парами полимерных неаллельных генов, оказывающих кумулятивное действие: чем меньше содержится в генотипе доминантных генов, тем плотнее будет колос. Скрестили два сорта пшеницы, имеющие колос средней и выше средней плотности и генотипы ♀A1A1a2a2 × ♂A1a1A2A2. Какую максимальную возможную плотность колоса могут иметь растения F1?

2. У крупного рогатого скота **R1R1** – красная масть, **R2R2** – белая, **R1R2** – чалая.

а) Имеется чалый бык, а коровы – всех трех окрасок. Какова вероятность появления чалого теленка в каждом из трех возможных скрещиваний?

б) Какой генотип имеют особи если от их скрещивания рождаются телята только красной масти?

3. Ген **A1** обуславливает развитие у человека нормальных глазных яблок. Ген **A2** определяет почти полное отсутствие глазных яблок (анофтальмия). Сочетание генов **AA** в генотипе человека определяет развитие уменьшенных глазных яблок (микрофтальмия). Какое строение глаз унаследуют дети, если мужчина, имеющий анофтальмию, женился на женщине с нормальным строением глазных яблок?

## Занятие № 13-14

### *Составление и анализ родословных (2ч)*

Генеалогический метод изучения наследственности – один из самых старых и широко используемых методов генетики. Суть метода заключается в составлении родословных, которые позволяют проследить особенности наследования признаков. Метод применим в том случае, если известны

прямые родственники обладателя изучаемого признака по материнской и отцовской линии.

Лицо, от которого начинают составлять родословную, называют **пробандом**. Братьев и сестер пробанда называют **сибсами**.

Символы, применяемые при составлении родословных:

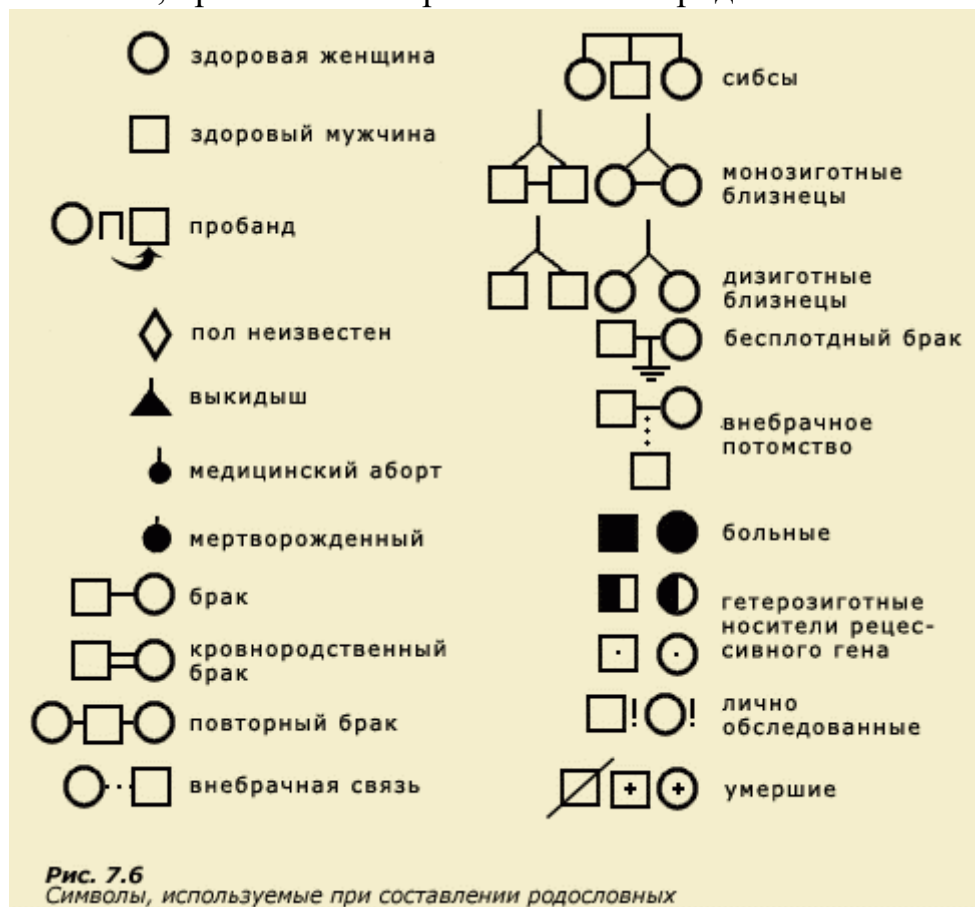


Рис. 7.6  
Символы, используемые при составлении родословных

## Анализ родословных

При анализе родословных следует учитывать ряд особенностей разных типов наследования признаков.

### 1. Аутосомно-доминантное наследование:

- 1) признак встречается в родословной часто, практически во всех поколениях, одинаково часто и у мальчиков, и у девочек;
- 2) если один из родителей является носителем признака, то этот признак проявится либо у всего потомства, либо у половины.

### 2. Аутосомно-рецессивное наследование:

- 1) признак встречается редко, не во всех поколениях, одинаково часто и у мальчиков, и у девочек;
- 2) признак может проявиться у детей, даже если родители не обладают этим признаком;
- 3) если один из родителей является носителем признака, то он не проявится у детей или проявится у половины потомства.

### 3. Наследование, сцепленное с полом:

#### 1) X-доминантное наследование:

- чаще признак встречается у лиц женского пола;
- если мать больна, а отец здоров, то признак передается потомству независимо от пола, он может проявляться и у девочек, и у мальчиков;
- если мать здорова, а отец болен, то у всех дочерей признак будет проявляться, а у сыновей нет.

#### 2) X-рецессивное наследование:

- чаще признак встречается у лиц мужского пола;
- чаще признак проявляется через поколение;
- если оба родителя здоровы, но мать гетерозиготна, то признак часто проявляется у 50% сыновей;
- если отец болен, а мать гетерозиготна, то обладателями признака могут быть и лица женского пола.

#### 3) Y-сцепленное наследование:

- признак встречается только у лиц мужского пола;
- если отец несет признак, то, как правило, этим признаком обладают и все сыновья.

### 4. Цитоплазматическое наследование:

- 1) признак одинаково часто встречается у представителей обоих полов;
- 2) признак передается потомкам только от матери;
- 3) мать, несущая признак, передает его либо всему потомству, либо только его части.

## Основные этапы решения задач

1. Определите тип наследования признака — доминантный или рецессивный. Для этого выясните:

- 1) часто ли встречается изучаемый признак (во всех поколениях или нет);
- 2) многие ли члены родословной обладают признаком;
- 3) имеют ли место случаи рождения детей, обладающих признаком, если у родителей этот признак не проявляется;
- 4) имеют ли место случаи рождения детей без изучаемого признака, если оба родителя им обладают;
- 5) какая часть потомства несет признак в семьях, если его обладателем является один из родителей.

2. Определите, наследуется ли признак сцепленно с полом. Для этого выясните:

- 1) как часто встречается признак у лиц обоих полов; если встречается редко, то лица какого пола несут его чаще;
- 2) лица какого пола наследуют признак от отца и матери, несущих признак.

3. Исходя из результатов анализа, постарайтесь определить генотипы всех членов родословной.

Для определения генотипов прежде всего выясните формулу расщепления потомков в одном поколении.

**Решение задач:**

1. В семейной родословной встречается признак – «седая прядь волос», который наследуется как доминантный (рис.1).

Определите генотипы исходных родителей. Какие потомки ожидаются от брака двоюродных сестер и братьев а)1 и 5; б)2 и 6?.

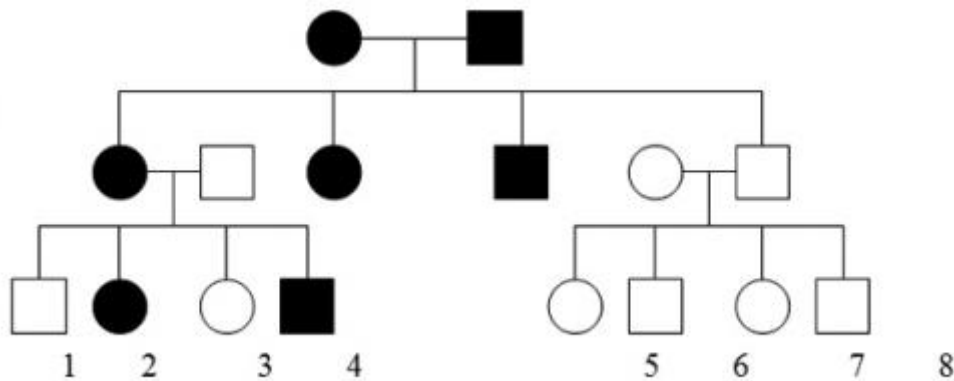


рис.1. Наследование признака «седая прядь волос».

2. По представленной родословной (рис.2) определите характер наследования тяжелого заболевания. Установите возможные генотипы: а) исходных родителей; б) потомков первого поколения 1, 2, 3; в) потомков второго поколения 4, 5; г) потомков третьего поколения 6, 7, 8.

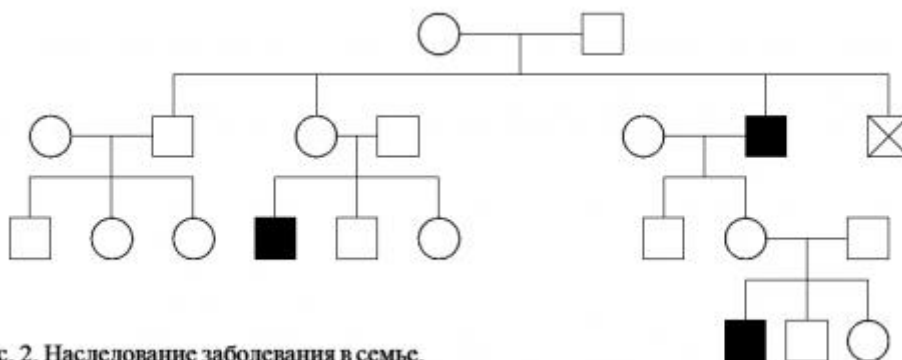


Рис. 2. Наследование заболевания в семье.

## Правила составления родословных

1. Родословную изображают так, чтобы каждое поколение находилось на своей горизонтали или радиусе (для обширных родословных). Поколения нумеруются римскими цифрами, а члены родословной — арабскими.
2. Составление родословной начинают от пробанда. Расположите символ пробанда (в зависимости от пола — квадратик или кружок, обозначенный стрелочкой) так, чтобы от него можно было рисовать родословную как вниз, так и вверх.
3. Сначала рядом с пробандом разместите символы его родных братьев и сестер в порядке рождения (слева направо), соединив их графическим коромыслом.
4. Выше линии пробанда укажите родителей, соединив их друг с другом линией брака.
5. На линии (или радиусе) родителей изобразите символы ближайших родственников и их супругов, соединив соответственно их степени родства.
6. На линии пробанда укажите его двоюродных и т.д. братьев и сестер, соединив их соответствующим образом с линией родителей.
7. Выше линии родителей изобразите линию бабушек и дедушек.
8. Если у пробанда есть дети или племянники, расположите их на линии ниже линии пробанда.
9. После изображения родословной (или одновременно с ним) соответствующим образом покажите обладателей или гетерозиготных носителей признака (чаще всего гетерозиготные носители определяются уже после составления и анализа родословной).
10. Укажите (если это возможно) генотипы всех членов родословной.
11. Если в семье несколько наследственных заболеваний, не связанных между собой, составляйте родословную для каждой болезни по отдельности.

### Решение задач:

1. Составьте родословную семьи со случаем сахарного диабета. Пробанд - больная женщина, ее брат, сестра и родители здоровы. Со стороны отца имеются следующие родственники: больной сахарным диабетом дядя и две здоровые тети. Одна из них имеет трех здоровых детей, вторая - здорового сына. Дедушка и бабушка со стороны отца - здоровы. Сестра бабушки болела сахарным диабетом. Мать пробанда, дядя дедушка и бабушка с материнской стороны здоровы. У дяди два здоровых ребенка. Определите характер наследования болезни и вычислите вероятность рождения больных детей в семье пробанда, если она выйдет замуж за здорового мужчину.
2. Пробанд болен врожденной катарактой. Он состоит в браке со здоровой женщиной и имеет больную дочь и здорового сына. Отец пробанда болен, а мать здорова и имеет здоровую сестру и здоровых родителей. Дедушка по



линии отца болен, а бабушка здорова. Пробанд имеет по линии отца здоровых родных тетю и дядю. Дядя женат на здоровой женщине. У них три здоровых сына. Определите тип наследования признака и вероятность появления в семье дочери пробанда больных внуков, если она выйдет замуж за гетерозиготного по катаракте этого типа мужчину.

3. Пробанд страдает гемофилией. У его матери и отца нормальная свертываемость крови. У бабушки со стороны матери гемофилия, а бабушка здорова. Дети пробанда: две дочери и один сын с нормальной свертываемостью крови, другой сын страдает гемофилией. В семье отца больных гемофилией нет.

#### **Задание для самостоятельной работы:**

Составить родословную своей семьи по наследованию одного из предложенных признаков: цвет глаз (карие, голубые или серые); цвет волос (рыжие, не рыжие); пигментирование кожи лица (веснушки, отсутствие веснушек); острота зрения (близорукость, нормальное); Домашнее задание

Составить родословную своей семьи по наследованию одного из предложенных признаков: цвет глаз (карие, голубые или серые); цвет волос (рыжие, не рыжие); пигментирование кожи лица (веснушки, отсутствие веснушек); острота зрения (близорукость, нормальное).

## **Занятие №15**

### ***Генетика популяций.***

**Популяцией** называют совокупность особей одного вида, занимающих определенный ареал, свободно скрещивающихся друг с другом, имеющих общее происхождение, определенную генетическую структуру и в той или иной степени изолированных от других таких же совокупностей.

Каждая популяция имеет определенный генофонд и генетическую структуру. **Генофондом** популяции называют совокупность генотипов всех особей популяции. Под **генетической структурой** популяции понимают соотношение в ней различных генотипов и аллелей.

Изучением закономерности наследования признаков, генетической структуры и динамики популяций занимается особый раздел генетики – **популяционная генетика.**

Одними из основных понятий популяционной генетики являются частота генотипа и частота аллели. Под **частотой генотипа** понимают его долю, отнесенную к общему количеству генотипов в популяции. Частота генотипа, или аллели, выражается либо в процентах, либо долях единицы.

Так, если ген имеет две аллельные формы и доля рецессивной аллели **a** составляет  $\frac{3}{4}$ , то доля доминантной аллели **A** будет равна  $\frac{1}{4}$  от общего числа аллелей данного гена в популяции.

Большое влияние на генетическую структуру популяций оказывает способ размножения. Например, популяции самоопыляющихся и перекрестноопыляющихся растений существенно отличаются друг от друга. В популяциях организмов с самооплодотворением наблюдается процесс гомозиготизации, то есть в каждом последующем поколении число гомозиготных генотипов увеличивается, а число гетерозигот уменьшается. Это приводит к тому, что постепенно популяция распадается на две генотипически разнородные группы – **чистые линии**, представленные гомозиготными особями, причем соотношение гомозиготных доминантных и гомозиготных рецессивных генотипов остается неизменным. Количество потомков исходной гетерозиготной формы в разных поколениях рассчитывается по формуле:

$$\text{количество особей в поколении} = a * b * n$$

где *a* – число исходных гетерозиготных форм, *b* – коэффициент размножения, *n* – порядковый номер поколения.

В популяциях большинство растений и животных, размножающихся половым путем, осуществляют свободное скрещивание, обеспечивающее равновероятную встречаемость гамет. Популяцию, в которой наблюдается равновероятная встречаемость гамет при свободном скрещивании, называют **панмиктической**.

### **Вопросы и задания для самоконтроля:**

1. Что такое популяция?
2. Что такое генофонд популяции?
3. Что такое генетическая структура популяции?
4. то понимают под частотой встречаемости гена или генотипа?
5. Каковы единицы измерения частоты встречаемости гена или генотипа?

## Занятие № 16

### *Закон Харди-Вайнберга*

Генетическая структура панмиктической популяции подчиняется закону Харди-Вайнберга: в неограниченно большой популяции при отсутствии факторов, изменяющих концентрацию генов, при свободном скрещивании особей, отсутствии отбора, мутирования данных генов и миграции численные соотношения аллелей **A** и **a**, а так же генотипов **AA**, **Aa** и **aa** остаются постоянными из поколения в поколение.

Частоту встречаемости гамет с доминантной аллелью **A** обозначают **p** (**pA**), а частоту встречаемости гамет с рецессивной аллелью **a** – **q** (**qa**). Частоты этих аллелей в популяции выражаются формулой:

$$p+q=1 \quad (1)$$

Частоту встречаемости аллели (например **A**) **pA** вычисляют по формуле

$$p(A)= \text{кол-во аллелей A:общее кол-во аллелей} \quad (2)$$

Частоты генотипов в панмиктической популяции рассчитываются по формуле:

$$p^2 + 2pq + q^2 = 1 \quad (3)$$

### **Основные этапы решения задач:**

1. Внимательно прочтите и запишите условие задачи.
2. Пользуясь формулами (1), (2), (3), вычислите частоту встречаемости генов или генотипов. **Помните что:**
  - по каждому гену особь несет две аллели гена: гомозиготная особь – две одинаковых, гетерозиготная – две разных;
  - частоты генов и генотипов в популяции выражаются в % или долях единицы;
  - общее число аллелей генов в популяции принимают за 100% или 1;
  - частота встречаемости доминантной аллели - **p**, рецессивной – **q**;
  - частота встречаемости аллели равна отношению числа данной аллели к общему числу аллелей в популяции;

- частота встречаемости гомозиготных по доминантному признаку особей -  $p^2$ , гетерозиготных -  $2pq$ , гомозиготных по рецессивному признаку -  $q^2$
- Запишите ответ к задаче.

### **Решение задач:**

1. Популяция состоит из 120 особей с генотипом Аа. какова частота встречаемости в данной популяции доминантной и рецессивной аллелей гена?
2. Популяция состоит из 240 особей с генотипом ВВ и 260 особей с генотипом Вв. Какова частота встречаемости в данной популяции доминантной и рецессивной аллелей гена?
3. В популяции, которая размножается путем свободного скрещивания, имеется следующая частота генотипов: 0,4 АА и 0,6 Аа. Определите, какие частоты генотипов АА, Аа, аа установятся в первом поколении в данной популяции.

### **Занятие №17**

#### ***Итоговое занятие по курсу.***

Учащиеся представляют свои проекты «Задачи по генетике и их практическое применение» и собирается общий задачник по генетике, подводятся итоги, учащиеся выражают свое мнение о данном курсе.