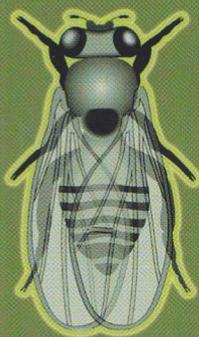
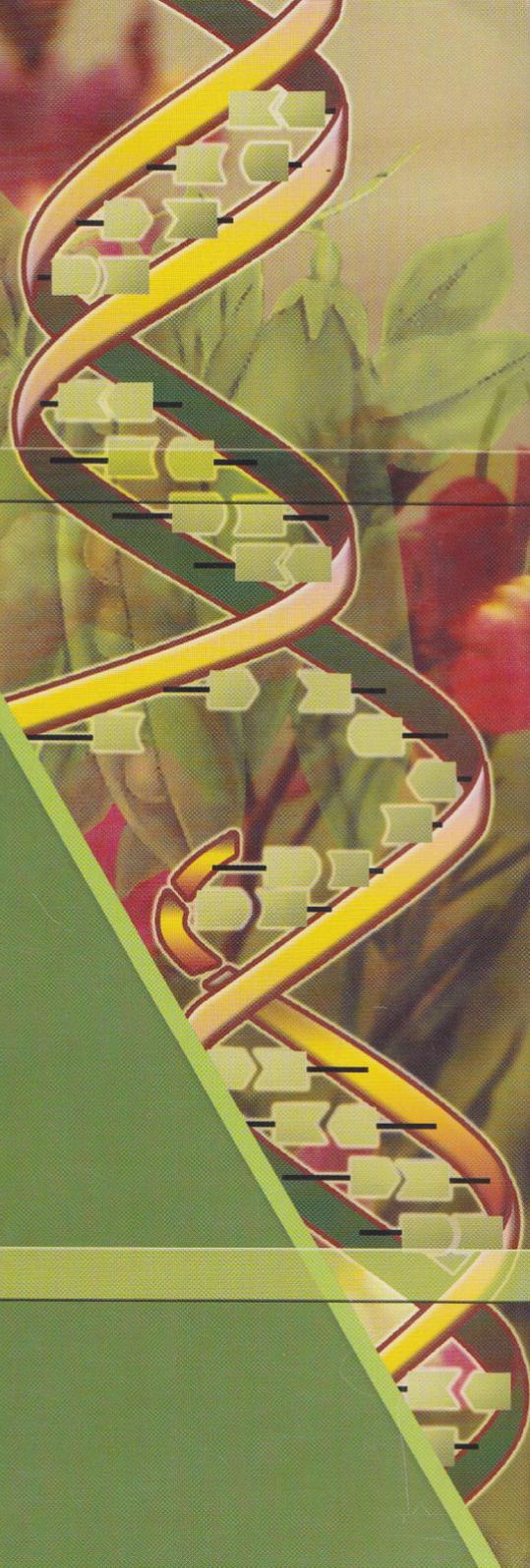


О.В. Гончаров



ГЕНЕТИКА

Задачи





БИОЛОГИЯ

О.В. Гончаров

ГЕНЕТИКА

Задачи

Саратов
Издательство «Лицей»
2005

УДК 373.167.1:575
ББК 28.04
Г657

Рецензент: кандидат биологических наук, учитель биологии высшей категории аграрного лицея *И.Н. Пименова*.

Гончаров О.В.

Г657 Генетика. Задачи. — Саратов: Лицей, 2005. — 352 с. — (Серия «Биология»).

ISBN 5-8053-0312-4

Сборник содержит задачи разного уровня сложности. В пособии рассматриваются общие принципы оформления и решения генетических задач, приводятся методические рекомендации, облегчающие их решение по конкретным темам, предлагаются задачи с ответами для самостоятельного решения. Теоретический материал дается в кратком изложении.

Сборник рассчитан на учащихся общеобразовательных школ, школ с углубленным изучением биологии, абитуриентов, преподавателей средних учебных заведений, студентов и всех интересующихся биологией.

УДК 373.167.1:575
ББК 28.04

ISBN 5-8053-0312-4

© Издательство «Лицей», 2005

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ГЕНЕТИКИ

Генетика — это наука о закономерностях наследственности и изменчивости.

Под **наследственностью** понимают свойство организмов обеспечивать материальную и функциональную преемственность между поколениями. Благодаря наследственности каждый вид животных и растений в ряде сменяющих друг друга поколений сохраняет не только характерные для него признаки, но и особенности развития.

Материальной основой наследственности, связывающей поколения, являются гаметы (при половом размножении) и соматические клетки (при бесполом). Клетки несут в себе не признаки и свойства будущих организмов, а лишь задатки, дающие возможность развития этих признаков и свойств. Этими задатками являются гены. **Эукариотическим геном** называют совокупность сегментов молекулы ДНК, составляющих экспрессируемую единицу, которая дает начало или молекулам РНК, или полипептидам. Совокупность всех генов организма называют **генотипом**.

Наличие задатка еще не означает обязательного появления признака, поскольку развитие любого признака зависит как от присутствия других генов, так и от условий среды, то есть формирование признаков происходит в ходе индивидуального развития особей. Поэтому каждая отдельно взятая особь уникальна, так как обладает набором признаков, характерных только для нее.

Совокупность всех признаков организма называют **фенотипом**. Сюда относятся не только видимые признаки (цвет глаз, волос и т.д.), но и биохимические (структура белков, активность ферментов и т.д.), гистологические (форма и размеры клеток, строение тканей и органов), анатомические (строение тела и взаимное расположение органов). Таким образом, **признаком** может быть названа любая особенность строения, любое свойство организма. Хорошо

заметные, контрастные признаки (красная и белая окраска венчика цветка, высокорослость и карликовость растения, устойчивость и восприимчивость к болезням и т.д.) называют *альтернативными*.

Под **изменчивостью** понимают свойство организмов приобретать новые признаки под воздействием различных факторов. Изменчивость заключается в изменении наследственных задатков, то есть генов.

Основным методом генетики является **гибридологический метод** — система скрещиваний, позволяющая проследить закономерности наследования и изменения признаков в ряду поколений. Метод разработан Г. Менделем. От обычных скрещиваний с последующим наблюдением за потомством этот метод отличается следующими особенностями:

- ♦ целенаправленный подбор родителей, различающихся по одной, двум, трем и т.д. парам альтернативных стабильных признаков;
- ♦ учет наследования признаков отдельно по каждой такой паре в каждом поколении;
- ♦ строгий количественный учет наследования признаков у гибридов ряда последовательных поколений;
- ♦ индивидуальная оценка потомства от каждого родителя в ряду поколений.

В генетических исследованиях используются различные типы скрещивания:

- ♦ **возвратное скрещивание** — скрещивание гибрида с одной из родительских форм;
- ♦ **анализирующее скрещивание** — скрещивание гибрида или особи с неизвестным генотипом с особью, гомозиготной по рецессивному признаку;
- ♦ **реципрокные скрещивания** — пара скрещиваний, характеризующихся взаимно противоположным сочетанием анализируемого признака и пола у скрещиваемых форм (первое скрещивание — ♀ AA × ♂ aa, второе скрещивание — ♀ aa × ♂ AA).

ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РЕШЕНИЮ ГЕНЕТИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

Для того, чтобы правильно решить задачу, нужно прежде всего внимательно прочитать и осмыслить ее условие. Чтобы определить тип задачи, необходимо выяснить:

- ♦ сколько пар признаков рассматривается в задаче;
- ♦ сколько пар генов контролируют развитие признаков;
- ♦ какие организмы (гомозиготные, гетерозиготные) скрещиваются;
- ♦ каков тип скрещивания (прямое, возвратное, анализирующее и т.д.);
- ♦ сцепленно или независимо наследуются гены, контролирующие развитие признаков;
- ♦ связано ли наследование признака с половыми хромосомами;
- ♦ сколько классов фенотипов (или генотипов) образуется в потомстве, полученном от скрещивания, и каково их количественное соотношение.

Иногда в задаче требуется определить, какой из рассматриваемых признаков является доминантным, а какой — рецессивным. Для этого достаточно помнить, что **доминантный признак всегда проявляется фенотипически** (за исключением неполного доминирования).

При решении задач не возникнет затруднений с определением числа и типов гамет, образуемых организмом, если учитывать нижеследующее:

1. Соматические клетки — диплоидны, поэтому **каждый ген представлен двумя аллелями гомологичной пары** (по одной аллели в каждой хромосоме).
2. Гаметы всегда гаплоидны. Так как во время мейоза происходит равномерное распределение хромосом между образующимися гаметами, **каждая гамета содержит только по одной хромосоме из каждой гомологичной**

пары. Например, соматические клетки гороха посевного содержат 14 хромосом (или 7 пар гомологичных хромосом), поэтому каждая гамета получает по 7 хромосом (по одной хромосоме из каждой гомологичной пары).

3. Так как **каждая гамета** получает только одну хромосому из каждой гомологичной пары, она **получает и одну аллель из каждой аллельной пары генов.**
4. **Число типов гамет равно 2^n** , где n — число генов, находящихся в гетерозиготном состоянии. Например, особь с генотипом **AaBBCC** образует 2 типа гамет ($2^1 = 2$), с генотипом **AaBbCc** — 4 типа ($2^2 = 4$), а с генотипом **AaBbCc** — 8 типов ($2^3 = 8$).
5. При оплодотворении происходит слияние мужской и женской гамет, поэтому **дочерняя особь получает одну гомологичную хромосому (одну аллель гена) от отца, а другую (другую аллель) — от матери.**

По условию многих генетических задач генотип скрещиваемых особей неизвестен. Умение определять генотипы — одно из главнейших умений, которым необходимо овладеть. Решение задач такого типа начинают с анализа родителей по потомству. Анализ можно проводить как по фенотипу, так и по генотипу.

1. Анализ генотипа родителей по фенотипу потомства

- 1) Анализ начинают с особей, у которых фенотипически проявляется рецессивный признак. Такие особи всегда гомозиготны, и их генотип однозначен (**aa, aacc**).
- 2) Особи, несущие доминантный(е) признак(и), могут быть как гомозиготными, так и гетерозиготными (при полном доминировании).
- 3) Если потомство, полученное от скрещивания, единообразно и несет доминантный признак, то точно определить генотип родителей невозможно, так как возможны два варианта:
 - обе родительские особи гомозиготны;
 - одна из родительских особей гомозиготна, а другая гетерозиготна.

2. Анализ генотипа родителей по генотипу потомства

- 1) Потомство с гомозиготным генотипом можно получить только от скрещивания таких же родителей.

2) Единообразное гетерозиготное потомство можно получить только от скрещивания родителей, один из которых гомозиготен по доминантному признаку, а другой — по рецессивному.

3) Если в потомстве наблюдается расщепление, то возможны два варианта (в зависимости от формулы расщепления):

- одна родительская особь гетерозиготна, другая — гомозиготна по рецессивному признаку;
- обе родительские особи гетерозиготны.

3. При определении генотипов родительских особей всегда следует помнить, что **один ген** из аллельной пары дочерняя особь получает **от материнского организма, а другой — от отцовского.**

Некоторые задачи по генетике имеют несколько вариантов решения (например, в случае, когда генотип особи, несущей доминантный признак, неизвестен). При решении таких задач необходимо рассмотреть все возможные варианты скрещиваний.

Основные этапы решения задач по генетике

Дать универсальную схему для решения разных типов задач по генетике практически невозможно. Здесь рассматриваются лишь основные этапы, в той или иной степени присутствующие при решении задач разного типа. При решении задач по определенным темам последовательность этапов может изменяться, а их содержание модифицироваться.

1. Внимательно прочтите условие задачи.
2. Сделайте краткую запись условия задачи.
3. Запишите генотипы и фенотипы скрещиваемых особей.
4. Определите и запишите типы гамет, которые образуют скрещиваемые особи.
5. Определите и запишите генотипы и фенотипы полученного от скрещивания потомства.
6. Проанализируйте результаты скрещивания. Для этого определите количество классов потомства по фенотипу и генотипу и запишите их в виде числового соотношения.
7. Запишите ответ на вопрос задачи.

Оформление задач по генетике

При решении задач по генетике используется специальная символика, предложенная Г. Менделем:

P — родители;

F — потомство от скрещивания, число внизу или сразу после буквы указывает на порядковый номер поколения (F₁ — гибриды первого поколения — прямые потомки родителей, F₂ — гибриды второго поколения — возникают в результате скрещивания между собой гибридов F₁);

× — значок скрещивания;

♂ — мужская особь;

♀ — женская особь;

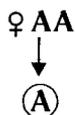
A, a, B, b, C, c — обозначение буквами латинского алфавита отдельно взятых наследственных признаков (заглавными — доминантных, строчными — рецессивных).

Делая записи, следует учитывать, что:

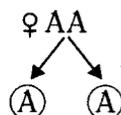
1. Первым принято записывать генотип женской особи, а затем — мужской (**верная запись** — ♀ AABV × ♂ aabb; **неверная запись** — ♂ aabb × ♀ AABV).
2. Гены одной аллельной пары всегда пишут рядом (**верная запись** — ♀ AABV; **неверная запись** — AVAV).
3. При записи генотипа буквы, обозначающие признаки, всегда пишутся в алфавитном порядке, независимо от того, какой признак — доминантный или рецессивный — они обозначают (**верная запись** — ♀ aaBV; **неверная запись** — BVaa).
4. Если известен только фенотип особи, то при записи ее генотипа пишут лишь те гены, наличие которых бесспорно. **Ген, который невозможно определить по фенотипу, обозначают значком «_»** (например, если желтая окраска (A) и гладкая форма (B) семян гороха — доминантные признаки, а зеленая окраска (a) и морщинистая форма (b) — рецессивные, то генотип особи с желтыми морщинистыми семенами записывают следующим образом: A_bb).
5. Под генотипом **всегда** пишут фенотип.
6. Гаметы записывают, обводя их кружком (Ⓐ).

7. У особей определяют и записывают типы гамет, а не их количество (тем более, что их может быть множество):

верная запись:



неверная запись:



8. **Фенотипы и типы гамет пишутся строго под соответствующим генотипом.**
9. Записывают ход решения задачи с обоснованием каждого вывода и полученных результатов.
10. При решении задач на ди- и полигибридное скрещивание для определения генотипов потомства рекомендуется пользоваться решеткой Пеннета. По вертикали записываются типы гамет материнской особи, а по горизонтали — отцовской. На пересечении столбца и горизонтальной линии записываются сочетания гамет, соответствующие генотипу образующейся дочерней особи.

♀ \ ♂	AB	Ab	aB	ab
AB	AABB	AABb	AaBB	AaBb
Ab	AABb	AAbb	AaBb	Aabb
aB	AaBB	AaBb	aaBB	aaBb
ab	AaBb	Aabb	aaBb	aabb

11. Результаты скрещивания всегда **носят вероятностный характер** и выражаются либо в процентах, либо в долях единицы (например, вероятность образования потомства, восприимчивого к головне, 50%, или 1/2. Соотношение классов потомства записывают в виде формулы расщепления (например, желтосеменные и зеленосеменные растения в соотношении 1:1).

❖ Пример решения и оформления задачи

Задача. У гороха желтая окраска семян (А) доминирует над зеленой (а). Определите генотипы и фенотипы F₁ и F₂, полученных от скрещивания гомозиготных растений, имеющих желтую и зеленую окраску семян.

Дано:

А — желтая окраска

а — зеленая окраска

Р ♀ АА × ♂ аа¹
желт. зелен.

F₁ и F₂ — ?

Решение:

1. *Определяем и записываем генотипы скрещиваемых особей.* По условию задачи родительские особи гомозиготны. Их генотип: желтосеменной — АА, зеленосеменной — аа.

2. *Записываем схему скрещивания.*

Р ♀ АА × ♂ аа
желт. зелен.

3. *Определяем типы гамет скрещиваемых особей.*

Р ♀ АА × ♂ аа
желт. зелен.

Типы гамет (А) (а)

4. *Определяем генотипы и фенотипы потомков F₁.*

Р ♀ АА × ♂ аа
желт. зелен.

Типы гамет (А) (а)

F₁ Аа
желт.

5. *Проводим анализ скрещивания.* Потомство единообразно и по генотипу — Аа, и по фенотипу — желтая окраска семян.

6. *Записываем скрещивание потомков F₁.*

♀ Аа × ♂ Аа
желт. желт.

1 В задачах с простым условием генотип скрещиваемых родительских особей можно не указывать.

7. *Определяем типы гамет.* Потомки F_1 гетерозиготны, поэтому они образуют по два типа гамет.

$$\begin{array}{c} \text{♀ } Aa \times \text{♂ } Aa \\ \text{желт.} \quad \text{желт.} \\ \text{Типы гамет} \quad (A) \quad (a) \quad (A) \quad (a) \end{array}$$

8. *Получаем потомков F_2 .*

$$\begin{array}{c} \text{♀ } Aa \times \text{♂ } Aa \\ \text{желт.} \quad \text{желт.} \\ \text{Типы гамет} \quad (A) \quad (a) \quad (A) \quad (a) \\ F_2 \quad \quad AA \quad Aa \quad Aa \quad aa \\ \quad \quad \text{желт.} \quad \text{желт.} \quad \text{желт.} \quad \text{зелен.} \end{array}$$

9. *Проводим анализ скрещивания.* В F_2 произошло расщепление: по генотипу — $1(AA) : 2(Aa) : 1(aa)$; по фенотипу — $3/4$ (желтосеменные растения) : $1/4$ (зеленосеменные растения).

Краткая запись решения задачи:

$$\begin{array}{c} P \quad \quad \quad \text{♀ } AA \times \text{♂ } aa \\ \quad \quad \quad \text{желт.} \quad \text{зелен.} \\ \text{Типы гамет} \quad \quad (A) \quad (a) \\ F_1 \quad \quad \quad \quad \quad Aa \\ \quad \quad \quad \quad \quad \text{желт.} \\ \quad \quad \quad \text{♀ } Aa \times \text{♂ } Aa \\ \quad \quad \quad \text{желт.} \quad \quad \text{желт.} \\ \text{Типы гамет} \quad (A) \quad (a) \quad (A) \quad (a) \\ F_2 \quad \quad \quad AA \quad Aa \quad Aa \quad aa \\ \quad \quad \quad \text{желт.} \quad \text{желт.} \quad \text{желт.} \quad \text{зелен.} \\ \quad \quad \quad 1(AA) : 2(Aa) : 1(aa) \\ \quad \quad \quad 3 \text{ (желтые)} : 1 \text{ (зеленые)} \end{array}$$

Ответ: F_1 — 100% желтосеменных растений (Aa);
 F_2 — по генотипу: $1(AA) : 2(Aa) : 1(aa)$; по фенотипу: растения с желтыми и зелеными семенами в соотношении 3:1, или 75% желтосеменных и 25% зеленосеменных.

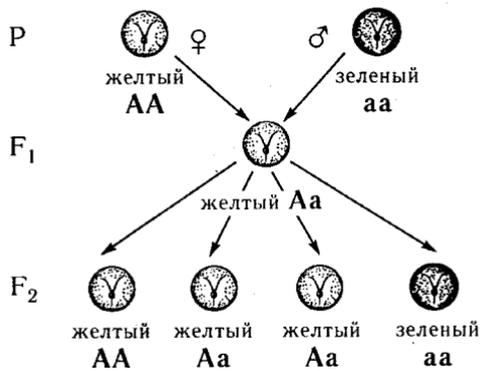
Более подробные рекомендации по решению задач определенного типа будут даны в соответствующих разделах.

МЕНДЕЛЕВСКАЯ ГЕНЕТИКА

МОНОГИБРИДНОЕ СКРЕЩИВАНИЕ

Моногибридным называют скрещивание, при котором анализируется наследование одной пары альтернативных (взаимоисключающих) признаков.

Проведя анализ скрещивания растений гороха с желтыми и зелеными семенами, Мендель пришел к выводу, что у гибридов первого поколения из каждой пары альтернативных признаков проявляется только один, а второй — не развивается, как бы исчезает.



Проявляющийся у гибридов первого поколения признак Мендель назвал **доминантным**, а подавляемый — **рецессивным**. Само же явление преобладания у гибридов признака одного из родителей Г. Мендель назвал **доминированием**.

Рис. 1. Моногибридное скрещивание растений гороха с желтыми и зелеными семенами.

Позже выявленная закономерность была названа **законом единообразия гибридов первого поколения**. Это **первый закон Менделя**: при моногибридном скрещивании гомозиготных организмов, имеющих разные значения альтернативных признаков, гибриды первого поколения (F₁) единообразны по генотипу и фенотипу.

Второй закон наследственности был сформулирован Менделем при изучении гибридов, полученных от скрещивания потомков первого поколения.

Анализ результатов скрещивания позволяет сделать ряд выводов:

- ♦ единообразия гибридов во втором поколении не наблюдается — часть гибридов несет один (доминантный), часть — другой (рецессивный) признак из альтернативной пары;
- ♦ количество гибридов, несущих доминантный признак, приблизительно в 3 раза больше, чем гибридов, несущих рецессивный признак, причем это соотношение наблюдается и по каждой отдельно взятой паре, и по всей совокупности растений;
- ♦ рецессивный признак не исчезает, а лишь подавляется и проявляется во втором гибридном поколении;
- ♦ наследуются не сами признаки, а наследственные задатки, или факторы (в современной терминологии — гены), их определяющие.

Явление, при котором часть гибридов второго поколения несет доминантный признак, а часть — рецессивный, называют **расщеплением**. Причем наблюдающееся у гибридов расщепление не случайное, оно подчиняется определенным количественным закономерностям.

Второй закон Г. Менделя: *при моногибридном скрещивании гетерозиготных организмов в потомстве наблюдается расщепление по фенотипу в соотношении 3:1, по генотипу — 1:2:1.*

Для объяснения явления доминирования и расщепления гибридов второго поколения Мендель предложил гипотезу чистоты гамет. Он предположил, что развитие признака определяется соответствующим ему наследственным фактором. Один наследственный фактор гибриды получают от отца, другой — от матери. У гибридов F_1 проявляется лишь один из факторов — доминантный. Однако среди гибридов F_2 появляются особи с признаками исходных родительских форм. Это значит, что:

- ♦ у гибридов наследственные факторы сохраняются в неизменном виде;
- ♦ половые клетки содержат только один наследственный фактор, то есть они «чисты» (не содержат второго наследственного фактора).

Каждый организм один задаток (ген) получает от материнского организма, а другой — от отцовского, следова-

тельно, они являются парами. Явление парности генов Г. Мендель называл **аллелизмом**, парные гены — **аллельными**, а каждый ген пары — **аллелью**. Например, желтая и зеленая окраска семян гороха являются двумя аллелями (соответственно, доминантную аллель и рецессивную аллель) одного гена.

В настоящее время известно, что существуют гены, имеющие не две, а большее количество аллелей. Наличие у гена большого количества аллелей называют **множественным аллелизмом**. Множественный аллелизм является следствием возникновения нескольких мутаций одного и того же гена.

Организмы, имеющие одинаковые аллели одного гена, называются **гомозиготными**. Они могут быть гомозиготными по доминантным (AA) или по рецессивным генам (aa). Организмы, имеющие разные аллели одного гена, называются **гетерозиготными (Aa)**.

Цитологическими основами явления доминирования и расщепления признаков, наблюдаемых Менделем, являются парность хромосом, расхождение их во время мейоза и объединение во время оплодотворения.

❖ Вопросы и задания для самоконтроля

1. Какое скрещивание называют моногибридным?
2. Какие признаки называются альтернативными?
3. Темные волосы и прямые волосы. Являются ли эти признаки альтернативными?
4. Каким количеством альтернативных признаков отличаются друг от друга особи при моногибридном скрещивании?
5. Какие признаки называются доминантными? Рецессивными?
6. Какой признак является доминантным, если от брака темноволосой женщины и светловолосого мужчины родился темноволосый ребенок?
7. Сколько типов гамет образует особь, имеющая генотип AA, Aa, aa?

8. Какие гаметы образует особь, имеющая генотип **ВВ, Вв, bb**?
9. Какие гены называются аллельными?
10. Что такое аллель?
11. Ген, отвечающий за наличие веснушек, и ген, отвечающий за свертываемость крови. Являются ли эти гены аллельными?
12. Что такое множественный аллелизм?
13. Каковы причины возникновения множественного аллелизма?
14. Какая особь называется гомозиготной?
15. Какая особь называется гетерозиготной?
16. Сколько типов гамет образует гомозиготная особь?
17. Сколько типов гамет образует гетерозиготная особь?
18. У собак жесткая шерсть — доминантна, мягкая — рецессивна. Какие гаметы образует:
 - а) собака с жесткой шерстью;
 - б) гомозиготная собака с жесткой шерстью;
 - в) гетерозиготная собака с жесткой шерстью;
 - г) собака с мягкой шерстью?
19. Дайте формулировку первого и второго законов Менделя.
20. Заполните таблицу.

Генотипы скрещиваемых особей	Гаметы скрещиваемых особей		Соотношение генотипов в потомстве	Соотношение фенотипов в потомстве
	первый родитель	второй родитель		
AA × AA				
AA × Aa				
AA × aa				
aa × aa				
Aa × Aa				
Aa × aa				

21. Какие генотипы могут иметь родители, если в потомстве:
- а) наблюдается единообразие;
 - б) наблюдается расщепление в соотношении 1:1;
 - в) наблюдается расщепление в соотношении 3:1?
22. Из вариантов ответов, предложенных к тестовым заданиям, выберите один верный.
1. *Моногибридным называется...*
- а) скрещивание двух любых особей
 - б) скрещивание двух особей, отличающихся друг от друга по одной паре альтернативных признаков
 - в) скрещивание двух особей, отличающихся друг от друга по двум парам альтернативных признаков
2. *Совокупность генов, полученных потомками от родителей, называется...*
- а) генотип
 - б) фенотип
 - в) кариотип
 - г) генофонд
3. *Совокупность внешних и внутренних признаков, полученных потомками от родителей, называется...*
- а) генотип
 - б) фенотип
 - в) кариотип
 - г) генофонд
4. *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 женского пола в одной форме, а у мужского — в другой
5. *Альтернативными называются...*
- а) любые два признака организма
 - б) взаимоисключающие, контрастные признаки
 - в) признаки гибридов
 - г) признаки, определяемые генами, локализованными в одной хромосоме
6. *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

7. *Рецессивным 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. *Доминированием называется...*
- а) совместное наследование признаков
 - б) зависимость проявления признака от пола организма
 - в) наличие у гибридов признака одного из родителей
 - г) степень выраженности признака
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. *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 гомологичных хромосом
11. *Аллель — это...*
- а) место гена в хромосоме
 - б) число генов в хромосоме
 - в) форма существования гена
 - г) одна из хромосом гомологичной пары
12. *Какое количество аллелей одного гена в норме содержится в соматических клетках?*
- а) 1 б) 2 в) 4 г) 12
13. *Какое количество аллелей одного гена, отвечающего за формирование группы крови, в норме содержится в гамете человека?*
- а) 1 б) 2 в) 3 г) 6
14. *Множественный аллелизм — это...*
- а) явление парности генов

- б) наличие у гена только одной формы существования
- в) наличие у гена двух форм существования
- г) наличие у гена большого количества аллелей

15. Гомозиготной называется...

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

16. Гетерозиготной называется...

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

17. Какие генотипы имели растения ячменя, устойчивые к головне (устойчивость доминирует над восприимчивостью), если при их скрещивании получено потомство, $3/4$ которого оказались устойчивыми к головне, а $1/4$ — восприимчивой?

- а) ♀ $Aa \times \sigma Aa$
- б) ♀ $AA \times \sigma aa$
- в) ♀ $Aa \times \sigma aa$
- г) ♀ $aa \times \sigma aa$

18. Какие генотипы имели растение ячменя, устойчивое к головне (устойчивость доминирует над восприимчивостью), и растение, восприимчивое к головне, если при их скрещивании получено потомство, половина которого оказалась устойчивой к головне, а половина — восприимчивой?

- а) ♀ $Aa \times \sigma Aa$
- б) ♀ $AA \times \sigma aa$
- в) ♀ $Aa \times \sigma aa$
- г) ♀ $aa \times \sigma aa$

19. Какие генотипы имели растение ячменя, устойчивое к головне (устойчивость доминирует над восприимчивостью), и растение, восприимчивое к головне, если при их скрещивании получено потомство, устойчивое к головне?

- а) ♀ $Aa \times \sigma Aa$
- б) ♀ $AA \times \sigma Aa$
- в) ♀ $AA \times \sigma aa$
- г) ♀ $aa \times \sigma aa$

20. Сколько пар гомологичных хромосом содержат гены, отвечающие за наследование формы семян у гороха?
а) 1 б) 2 в) 3 г) 4
21. Какая часть гибридов от скрещивания $Aa \times Aa$ является гетерозиготной?
а) $1/2$ б) $1/3$ в) $1/4$ г) $3/4$
22. Какая часть гибридов от скрещивания $Aa \times Aa$ является гомозиготной?
а) $1/2$ б) $1/3$ в) $1/4$ г) $3/4$
23. Какая часть гибридов от скрещивания $Aa \times Aa$ является гомозиготной по доминантному признаку?
а) $1/2$ б) $1/3$ в) $1/4$ г) $3/4$
24. Какая часть гибридов от скрещивания $Aa \times Aa$ является гомозиготной по рецессивному признаку?
а) $1/2$ б) $1/3$ в) $1/4$ г) $3/4$
25. Какая часть гибридов от скрещивания $Aa \times AA$ является гетерозиготной?
а) 0% б) 25% в) 50% г) 100%
26. Какая часть гибридов от скрещивания $Aa \times AA$ является гомозиготной?
а) 0% б) 25% в) 50% г) 100%
27. Какая часть гибридов от скрещивания $Aa \times AA$ является гомозиготной по доминантному признаку?
а) 0% б) 25% в) 50% г) 100%
28. Какая часть гибридов от скрещивания $Aa \times AA$ является гомозиготной по рецессивному признаку?
а) 0% б) 25% в) 50% г) 100%
29. Какая часть гибридов от скрещивания $AA \times AA$ является гомозиготной?
а) 0% б) 25% в) 50% г) 100%
30. Какая часть гибридов от скрещивания $AA \times AA$ является гетерозиготной?
а) 0% б) 25% в) 50% г) 100%
31. Какая часть гибридов от скрещивания $aa \times aa$ является гомозиготной?
а) 0% б) 25% в) 50% г) 100%

32. Какая часть гибридов от скрещивания $aa \times aa$ является гетерозиготной?
а) 0% б) 25% в) 50% г) 100%
33. Каким будет расщепление по генотипу гибридов от скрещивания двух гетерозиготных растений?
а) 1:1 в) 1:3
б) 1:2:1 г) расщепления нет
34. Каким будет расщепление по фенотипу гибридов от скрещивания двух гетерозиготных растений?
а) 1:1 в) 1:3
б) 1:2:1 г) расщепления нет
35. Каким будет расщепление по фенотипу гибридов от скрещивания гомозиготного по доминантному признаку и гетерозиготного растений?
а) 1:1 в) 1:3
б) 1:2:1 г) расщепления нет
36. Каким будет расщепление по генотипу гибридов от скрещивания гомозиготного по доминантному признаку и гетерозиготного растений?
а) 1:1 в) 1:3
б) 1:2:1 г) расщепления нет
37. Каким будет расщепление по фенотипу гибридов от скрещивания гомозиготного по рецессивному признаку и гетерозиготного растений?
а) 1:1 в) 1:3
б) 1:2:1 г) расщепления нет
38. Каким будет расщепление по генотипу гибридов от скрещивания гомозиготного по рецессивному признаку и гетерозиготного растений?
а) 1:1 в) 1:3
б) 1:2:1 г) расщепления нет
39. Каким будет расщепление по генотипу гибридов от скрещивания двух гомозиготных растений?
а) 1:1 в) 1:3
б) 1:2:1 г) расщепления нет
40. Каким будет расщепление по фенотипу гибридов от скрещивания двух гомозиготных растений?

- а) 1:1
б) 1:2:1

- в) 1:3
г) расщепления нет

Задачи для отработки и закрепления навыков оформления решения

Основные этапы решения задач

1. Внимательно прочтите условие задачи. Используя генетическую символику, запишите ее условие. Перепишите обозначения аллелей генов и укажите их фенотипическое проявление. Если в условии задачи не указаны обозначения доминантного и рецессивного генов, введите обозначения самостоятельно. Помните, что **ген может быть обозначен любой буквой латинского алфавита, причем доминантный ген обозначается заглавной, а рецессивный — строчной буквами.**
2. Запишите схему скрещивания родительских особей. Если в задаче указаны фенотипы скрещиваемых особей, определите их генотип в соответствии с условием задачи. Помните, что: **1) гомозиготная особь имеет две одинаковых аллели гена (AA или aa), а гетерозиготная — разные аллели (Aa); 2) слева пишется генотип женской особи, а справа — мужской.** Под генотипом родительских особей обязательно подпишите их фенотип.
3. Определите количество типов гамет, образуемых родительскими особями. Помните, что **гомозиготная особь образует один тип гамет (AA → A или aa → a), гетерозиготная особь — два типа гамет (Aa → A, a).** Запишите гаметы родительских особей.
4. Определите, какие генотипы образуются у потомков F₁. Помните, что **процесс оплодотворения носит равновероятностный характер, то есть любой сперматозоид может оплодотворить любую яйцеклетку.**
5. Проанализируйте потомство F₁. Определите его генотип и фенотип. Если необходимо, запишите формулу расщепления по генотипу и фенотипу.
6. Скрестив между собой потомков F₁, получите гибридов F₂ (повторите действия пп. 2—4). Запишите фенотипы

потомства и формулу расщепления по генотипу и фенотипу.

7. Дайте ответы на вопросы задачи. Учтите, что наблюдаемое расщепление носит случайный (статистический) характер, поэтому ответы надо давать в соответствии с теоретически ожидаемыми.

❖ Пример решения задачи

Задача 01. У гороха желтая окраска семян доминантна по отношению к зеленой. От скрещивания гомозиготных желтосеменного и зеленосеменного растений получено 158 семян в F_1 и 3256 — в F_2 .

- 1) Сколько семян F_1 гомозиготны?
- 2) Сколько разных генотипов имеют семена F_1 ?
- 3) Сколько разных фенотипов имеют семена F_2 ?
- 4) Сколько семян F_2 могут быть гомозиготными?
- 5) Сколько зеленых семян может быть в F_2 ?

Дано:

A — желтая окраска

a — зеленая окраска

F_1 — 158 семян

F_2 — 3256 семян

- 1) Сколько семян F_1 гомозиготны?
- 2) Сколько разных генотипов имеют семена F_1 ?
- 3) Сколько разных фенотипов имеют семена F_2 ?
- 4) Сколько семян F_2 могут быть гомозиготными?
- 5) Сколько зеленых семян может быть в F_2 ?

Решение:

1. *Записываем схему скрещивания.* По условию задачи скрещиваемые растения гомозиготны, следовательно, генотип желтосеменного растения **AA**, зеленосеменного — **aa**.

P ♀ **AA** × ♂ **aa**
 желт. зелен.

2. *Определяем типы гамет скрещиваемых особей.*

P ♀ **AA** × ♂ **aa**
 желт. зелен.

Типы гамет Ⓐ ⓐ

3. *Определяем генотипы и фенотипы потомков F_1 .*

P ♀ **AA** × ♂ **aa**
 желт. зелен.

Типы гамет Ⓐ ⓐ

F₁

Aa
желт.
100%

4. *Записываем скрещивание потомков F₁.*

P
♀ **Aa** × ♂ **Aa**
желт. желт.

5. *Определяем типы гамет.* Потомки F₁ гетерозиготны, поэтому они образуют по два типа гамет.

P
♀ **Aa** × ♂ **Aa**
желт. желт.
Типы гамет (A) (a) (A) (a)

6. *Получаем потомков F₂.*

P
♀ **Aa** × ♂ **Aa**
желт. желт.
Типы гамет (A) (a) (A) (a)
F₂ AA Aa Aa aa
желт. желт. желт. зелен.

7. *Проводим анализ скрещивания.* В F₂ произошло расщепление: по генотипу — 1(AA) : 2(Aa) : 1(aa); по фенотипу — 3/4 (желтосеменные растения) : 1/4 (зеленосеменные растения).

8. *Отвечаем на вопросы задачи.*

- 1) Все семена F₁ гетерозиготны. Поэтому количество гомозиготных семян в F₁ — 0.
- 2) Количество генотипов в F₁ — 1.
- 3) В F₂ произошло расщепление по фенотипу в соотношении 3:1, то есть в F₂ 2 разных фенотипа.
- 4) В F₂ — 3256 семян. Гомозиготны семена с генотипами AA и aa. Они составляют 1/2 от общего количества семян, то есть количество гомозиготных семян — 3256 : 2 = 1628.
- 5) Зеленые семена составляют 1/4 от общего количества семян F₂, то есть 3256 : 4 = 814.

Краткая запись решения задачи:

P
♀ **AA** × ♂ **aa**
желт. зелен.
Типы гамет (A) (a)

F₁

Aa

желт.

100%

♀ Aa × ♂ Aa

желт.

желт.

Типы гамет

(A) (a) (A) (a)

F₂

AA Aa Aa aa

желт. желт. желт. зелен.

По генотипу: 1(AA) : 2(Aa) : 1(aa).

По фенотипу: 3 (желтосеменные) : 1 (зеленосеменные).

- 1) Все семена F₁ гетерозиготны. Поэтому количество гомозиготных семян в F₁ — 0.
- 2) Количество генотипов в F₁ — 1.
- 3) В F₂ произошло расщепление по фенотипу в соотношении 3:1, то есть в F₂ 2 разных фенотипа.
- 4) В F₂ — 3256 семян. Гомозиготны семена с генотипами AA и aa. Они составляют 1/2 от общего количества семян, то есть количество гомозиготных семян — 3256 : 2 = 1628.
- 5) Зеленые семена составляют 1/4 от общего количества семян F₂, то есть 3256 : 4 = 814.

Ответ: 1) 0; 2) 1; 3) 2; 4) 1628; 5) 814.

✦ Задачи для самостоятельного решения

Задача 1. Рассеченный лист у томата является доминантным по отношению к цельнокрайному. Скрещивались гомозиготное растение с рассеченными листьями с растением, имеющим цельнокрайные листья. В F₁ получили 354, а в F₂ — 1659.

- 1) Сколько растений F₁ имели рассеченный лист?
- 2) Сколько растений F₁ были гетерозиготными?
- 3) Сколько растений F₂ имели рассеченную листовую пластинку?
- 4) Сколько растений F₂ имели цельнокрайную листовую пластинку?
- 5) Сколько растений F₂ могут дать нерасщепляющееся потомство?

Задача 2. У земляники розовые плоды (**R**) доминируют над белыми (**r**). От скрещивания гомозиготного розовоплодного сорта земляники с гомозиготным сортом, имеющим белые плоды, в F_1 получено 35 растений, а в F_2 — 412.

- 1) Сколько растений F_1 были гетерозиготными?
- 2) Сколько разных фенотипов было в F_1 ?
- 3) Сколько растений F_2 имели розовые плоды и давали нерасщепляющееся потомство?
- 4) Сколько растений F_2 имели розовые плоды и давали расщепляющееся потомство?
- 5) Сколько разных генотипов было в F_2 ?

Задача 3. У моркови желтая окраска корнеплода доминирует над красной. Растение с красным корнеплодом скрестили с гомозиготным растением, имеющим желтый корнеплод. В F_1 получили 315 растений, в F_2 — 1180.

- 1) Сколько разных типов гамет может образовать растение F_1 ?
- 2) Сколько растений с рецессивными признаками может быть в F_2 ?
- 3) Сколько гетерозиготных растений может быть в F_2 ?
- 4) Сколько доминантных гомозиготных растений может быть во втором поколении?
- 5) Сколько растений F_2 могут иметь красную окраску корнеплода?

Задача 4. 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 ?

Задача 5. У гречихи нормальный неограниченный тип роста растений детерминируется аллелью **D**, которая явля-

ется доминантной по отношению к аллели, обуславливающей ограниченный тип роста растений. При скрещивании гомозиготного растения с доминантным признаком с растением, имеющим рецессивный признак, в F_1 получили 125 растений, в F_2 — 1104.

- 1) Сколько типов гамет может образовать растение F_1 ?
- 2) Сколько разных фенотипов может быть в F_2 ?
- 3) Сколько разных генотипов может быть в F_2 ?
- 4) Чему равно теоретически ожидаемое число растений, гомозиготных по доминантному признаку, в F_2 ?
- 5) При скрещивании растений F_1 с рецессивной родительской формой получили 136 гибридов. Сколько из них могут иметь нормальный неограниченный тип роста?

Задача 6. У пшеницы аллель Vgn определяет яровой образ жизни растений и является доминантной по отношению к аллели vgn , детерминирующей озимый образ жизни. При скрещивании ярового гомозиготного по данной аллели сорта с озимым получили 80 растений F_1 и 1263 — F_2 .

- 1) Сколько растений F_1 могут иметь яровой образ жизни?
- 2) Сколько разных типов гамет может образовать растение F_1 ?
- 3) Сколько разных генотипов могут иметь растения F_2 ?
- 4) Сколько растений F_2 могут иметь озимый образ жизни?
- 5) Сколько яровых растений F_2 могут дать нерасщепляющееся потомство?

Задача 7. 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 разных генотипов может образоваться в F_2 ?

Задача 8. У томата круглая форма плода доминирует над овальной. От скрещивания гомозиготного растения, имеющего круглые плоды, с растением, имеющим овальные плоды, в F_1 получили 48 растений, в F_2 — 490.

- 1) Сколько типов гамет может образовать растение с овальными плодами?
- 2) Сколько растений F_1 могут иметь круглые плоды?
- 3) Сколько растений F_2 , имеющих круглые плоды, в F_3 могут дать нерасщепляющееся потомство?
- 4) Сколько растений в F_2 могут иметь круглую форму плодов?
- 5) Сколько разных фенотипов может быть в F_2 ?

Задача 9. Скрещивали сорта люпина — Немчиновский 846 (генотип $NrNr$ и плоды — бобы растрескивающиеся) и Уникроп (генотип $pnpr$ и нерастрескивающиеся бобы). В F_1 получили 115 растений, в F_2 — 2321.

- 1) Сколько различных генотипов могут иметь растения F_1 ?
- 2) Сколько растений F_2 с растрескивающимися бобами могут дать нерасщепляющееся потомство?
- 3) Сколько растений F_2 могут иметь нерастрескивающиеся бобы?
- 4) Сколько различных генотипов может быть у растений F_2 ?
- 5) Сколько растений F_2 могут быть гетерозиготными?

Задача 10. У ячменя раннеспелость доминирует над позднеспелостью. Растения F_1 были опылены пылью позднеспелых растений. Получили 163 растения F_a .

- 1) Сколько различных фенотипов могут иметь растения F_a ?
- 2) Сколько различных генотипов могут иметь растения F_a ?
- 3) Сколько раннеспелых растений может быть в F_a ?
- 4) Сколько растений в F_a могут быть гомозиготными?
- 5) Сколько различных фенотипов могут иметь гомозиготные растения F_a ?

Задача 11. Гомозиготный сорт ячменя с двурядным колосом (доминантный признак) скрещивали с многорядным

(рецессивный признак). В F_1 получили 123 растения с двурядным колосом, в F_2 — 595.

- 1) Сколько типов гамет может образовать растение F_1 , имеющее двурядный колос?
- 2) Сколько растений F_1 могут быть гетерозиготными?
- 3) Сколько растений в F_2 могут иметь многорядный колос?
- 4) Сколько разных генотипов может образоваться в F_2 ?
- 5) Сколько двурядных растений в F_2 могут дать нерасщепляющееся потомство?

Задача 12. У дурмана пурпурная окраска цветка доминантна по отношению к белой. Скрещивали растение дурмана с белыми цветками и гомозиготное растение, имеющее пурпурные цветки. В F_1 было получено 120 растений (все с пурпурными цветками), в F_2 — 147.

- 1) Сколько разных типов гамет может образовать гетерозиготное растение?
- 2) Сколько разных генотипов можно ожидать в F_2 ?
- 3) Сколько разных фенотипов можно ожидать в F_2 ?
- 4) Сколько растений F_2 могут быть гетерозиготными?
- 5) Сколько растений F_2 могут иметь белую окраску цветков?

Задача 13. У овса раскидистая форма метелки доминирует над сжатой. Скрестили гомозиготные сорта с раскидистой метелкой и сжатой. В F_1 получили 122 растения, в F_2 — 1170.

- 1) Сколько растений в F_2 могут иметь раскидистую форму метелки?
- 2) Сколько типов гамет могут образовать растения F_1 ?
- 3) Сколько разных генотипов может быть у растений F_2 ?
- 4) Сколько растений F_2 могут иметь сжатую форму метелки?
- 5) Сколько гетерозиготных растений может быть в F_2 ?

Задача 14. Зерновки ячменя могут быть пленчатыми (срастаются с цветочными чешуями) и голозерными (свободно заключены в цветочные чешуи). Пленчатость опреде-

ляется доминантной аллелью гена **N**, а голозерность — рецессивной аллелью **n**. Голозерные растения ячменя были опылены пылью гомозиготных пленчатых растений. В F_1 получили 150 растений, в F_2 — 766.

- 1) Сколько разных типов гамет может образовать растение F_1 ?
- 2) Сколько типов гамет может образовать голозерное растение?
- 3) Сколько растений F_1 могут быть гетерозиготными?
- 4) Сколько растений F_2 могут быть голозерными?
- 5) Сколько растений F_2 могут иметь пленчатые зерновки и дать нерасщепляющееся потомство?

Задача 15. У гороха доминантная аллель гена **Le** обуславливает высокий рост растений (120—180 см), рецессивная аллель **le** — низкий (40—70 см). Гомозиготное высокорослое растение было опылено пылью низкорослого. В F_1 получили 26 растений, в F_2 — 189.

- 1) Сколько разных типов гамет может образовать растение F_1 ?
- 2) Сколько разных типов гамет может образовать низкорослое растение F_2 ?
- 3) Сколько разных генотипов может быть у растений F_2 ?
- 4) Сколько растений F_2 могут быть низкорослыми?
- 5) В потомстве, полученном от опыления гибридов F_1 пылью низкорослой формы, было 124 растения. Сколько растений из них могут быть высокорослыми?

Задача 16. 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?

Определение генотипа и фенотипа потомков по генотипу и фенотипу родителей

Основные этапы решения задач

1. Внимательно прочтите условие задачи. Используя генетическую символику, запишите ее условие. Если в условии задачи не указаны обозначения доминантного и рецессивного генов, введите обозначения самостоятельно. Помните, что **ген может быть обозначен любой буквой латинского алфавита, причем доминантный ген обозначается заглавной, а рецессивный — строчной буквами.**
2. Запишите схему скрещивания родительских особей. Если в задаче указаны фенотипы скрещиваемых особей, определите их генотип в соответствии с условием задачи. Помните, что **гомозиготная особь имеет две одинаковых аллели гена (AA или aa), а гетерозиготная — разные аллели (Aa).** Под генотипом родительских особей обязательно подпишите их фенотип.
3. Определите количество типов гамет, образуемых родительскими особями. Помните, что **гомозиготная особь образует один тип гамет (AA → A или aa → a), гетерозиготная особь — два типа гамет (Aa → A, a).**
4. Запишите гаметы родительских особей.
5. Определите, какие генотипы образуются у потомков F₁. Помните, что процесс оплодотворения носит **равновероятностный характер, то есть любой сперматозоид может оплодотворить любую яйцеклетку.**
6. Запишите генотипы F₁.
7. Под генотипом F₁ подпишите фенотип.

8. Если требуется по условию задачи, получите потомков F_2 . Для этого запишите схему скрещивания гибридов F_1 между собой и выполните действия пп. 2—7.
9. Проведите анализ скрещивания.
10. Запишите ответ, который должен соответствовать вопросу задачи.

❖ Примеры решения задач

Задача 02. У арбуза зеленая окраска плодов доминирует над полосатой. Определите окраску плодов арбузов, полученных от скрещивания растений, имеющих генотипы aa и Aa .

Дано:

A — зеленая окраска
 a — полосатая окраска

Фенотип F_1 — ?

Решение:

1. *Записываем схему скрещивания.*

Р $\quad \quad \quad \text{♀ } aa \times \text{♂ } Aa$
 полосат. зелен.

2. *Определяем типы гамет скрещиваемых особей.*

Р $\quad \quad \quad \text{♀ } aa \times \text{♂ } Aa$
 полосат. зелен.

Типы гамет $\quad \quad \quad \textcircled{a} \quad \quad \textcircled{A} \quad \textcircled{a}$

3. *Получаем потомков F_1 .*

Р $\quad \quad \quad \text{♀ } aa \times \text{♂ } Aa$
 полосат. зелен.

Типы гамет $\quad \quad \quad \textcircled{a} \quad \quad \textcircled{A} \quad \textcircled{a}$

F_1 $\quad \quad \quad Aa \quad aa$
 зелен. полосат.

4. *Проводим анализ скрещивания.*

В F_1 произошло расщепление: по генотипу — $1(Aa) : 1(aa)$;
 по фенотипу — $1/2$ (зеленые) : $1/2$ (полосатые).

Краткая запись решения задачи:

Р $\quad \quad \quad \text{♀ } aa \times \text{♂ } Aa$
 полосат. зелен.

Типы гамет $\quad \quad \quad \textcircled{a} \quad \quad \textcircled{A} \quad \textcircled{a}$

F_1 **Aa aa**

зелен. полосат.

По генотипу: $1(Aa) : 1(aa)$.По фенотипу: $1/2$ (зеленые) : $1/2$ (полосатые).**Ответ:** в F_1 $1/2$ растений с зеленой окраской плодов и $1/2$ — полосатых.

Задача 03. У человека близорукость доминирует над нормальной остротой зрения. Гетерозиготная близорукая женщина выходит замуж за мужчину с нормальной остротой зрения. Каких детей можно ожидать от такого брака?

1. Вводим обозначения генов: **A** — близорукость, **a** — нормальная острота зрения.
2. Определяем генотип родителей. Женщина гетерозиготна, поэтому ее генотип — **Aa**. Мужчина имеет нормальную остроту зрения, то есть у него фенотипически проявляется рецессивный признак. Значит, его генотип — **aa**.
3. Делаем краткую запись условия задачи и решаем ее.

Дано:**A** — близорукость**a** — нормаФенотип F_1 — ?**Решение:**

4. Записываем схему скрещивания.

P	♀ Aa × ♂ aa
	близор. норма

5. Определяем типы гамет родителей.

P	♀ Aa × ♂ aa
	близор. норма

Типы гамет	Ⓐ ⓐ ⓐ
------------	-------------

6. Получаем потомков F_1 .

P	♀ Aa × ♂ aa
	близор. норма

Типы гамет	Ⓐ ⓐ ⓐ
------------	-------------

F_1	Aa aa
	близор. норма

7. Проводим анализ скрещивания. В F_1 произошло расщепление: по генотипу — $1(Aa) : 1(aa)$; по фенотипу — $1:1$ ($1/2$ близоруких : $1/2$ с нормальной остротой зрения).

Краткая запись решения задачи:

Р	♀ Aa × ♂ aa близор. норма
Типы гамет	(A) (a) (a)
F ₁	Aa aa близор. норма

По генотипу: 1(**Aa**) : 1(**aa**).

По фенотипу: 1:1 (1/2 близоруких : 1/2 с нормальной остротой зрения).

Ответ: ожидается 1/2 детей близоруких и 1/2 с нормальной остротой зрения.

Задача 04. У морских свинок длинная шерсть **A** доминирует над короткой **a**. Гомозиготная длинношерстная морская свинка скрещена с короткошерстной. Определите генотипы и фенотипы: 1) потомства F₁; 2) потомства F₂; 3) потомства от возвратного скрещивания F₁ с длинношерстным родителем; 4) потомства от возвратного скрещивания F₁ с короткошерстным родителем.

1. *Определяем генотип родителей.* Самка гомозиготна и несет доминантный признак, поэтому ее генотип — **AA**. Самец — короткошерстный (рецессивный признак), значит, его генотип — **aa**.
2. *Делаем краткую запись условия задачи и решаем ее.*

Дано:

A — длинная шерсть
a — короткая шерсть

Генотип и фенотип F₁,
F₂, F_B — ?

Решение:

3. *Записываем схему скрещивания.*

Р	♀ AA × ♂ aa длин. корот.
---	--

4. *Определяем типы гамет родителей.*

Р	♀ AA × ♂ aa длин. корот.
Типы гамет	(A) (a)

5. Получаем потомков F_1 .

Р	$\text{♀ AA} \times \text{♂ aa}$
	длин. корот.
Типы гамет	$\text{Ⓐ} \quad \text{ⓐ}$
F_1	Aa длин.

6. Проводим анализ скрещивания. В F_1 все потомство единообразное: по генотипу — Aa , по фенотипу — длинношерстное.

7. Получаем потомков F_2 .

Р	$\text{♀ Aa} \times \text{♂ Aa}$
	длин. длин.
Типы гамет	$\text{Ⓐ} \quad \text{ⓐ} \quad \text{Ⓐ} \quad \text{ⓐ}$
F_2	$\text{AA} \quad \text{Aa} \quad \text{Aa} \quad \text{aa}$ длин. длин. длин. корот.

8. Проводим анализ результатов скрещивания. В F_2 произошло расщепление: по генотипу — $1(\text{AA}) : 2(\text{Aa}) : 1(\text{aa})$; по фенотипу — $3 : 1$ ($3/4$ с длинной шерстью : $1/4$ с короткой шерстью).

9. Получаем потомство от возвратного скрещивания гибридов F_1 с длинношерстным родителем.

Р	$\text{♀ Aa} \times \text{♂ AA}$
	длин. длин.
Типы гамет	$\text{Ⓐ} \quad \text{ⓐ} \quad \text{Ⓐ}$
F_2	$\text{Aa} \quad \text{AA}$ длин. длин.

10. Проводим анализ результатов возвратного скрещивания гибридов F_1 с длинношерстным родителем. В потомстве наблюдается расщепление по генотипу $1(\text{AA}) : 1(\text{Aa})$, а по фенотипу потомство единообразное — длинношерстное.

11. Получаем потомство от возвратного скрещивания гибридов F_1 с короткошерстным родителем.

Р	$\text{♀ Aa} \times \text{♂ aa}$
	длин. корот.

Типы гамет \textcircled{A} \textcircled{a} \textcircled{a}
 F_B **Aa** **aa**
 длин. корот.

12. Проводим анализ результатов возвратного скрещивания гибридов F₁ с короткошерстным родителем. В потомстве наблюдается расщепление: по генотипу — 1(Aa) : 1(aa), а по фенотипу — 1 : 1 (1/2 длинношерстных и 1/2 короткошерстных).

Краткая запись решения задачи:

P ♀ AA × ♂ aa
 длин. корот.

Типы гамет \textcircled{A} \textcircled{a}
 F₁ **Aa**
 длин.
 100%

♀ Aa × ♂ Aa
 длин. длин.

Типы гамет \textcircled{A} \textcircled{a} \textcircled{A} \textcircled{a}
 F₂ **AA** **Aa** **Aa** **aa**
 длин. длин. длин. корот.

По генотипу — 1(AA) : 2(Aa) : 1(aa); по фенотипу — 3 : 1 (3/4 с длинной шерстью : 1/4 с короткой шерстью)

P ♀ Aa × ♂ AA
 длин. длин.

Типы гамет \textcircled{A} \textcircled{a} \textcircled{A}
 F_B **Aa** **AA**
 длин. длин.

По генотипу 1(AA) : 1(Aa), по фенотипу 100% длинношерстные.

P ♀ Aa × ♂ aa
 длин. корот.

Типы гамет \textcircled{A} \textcircled{a} \textcircled{a}
 F_B **Aa** **aa**
 длин. корот.

По генотипу — $1(Aa) : 1(aa)$, а по фенотипу — $1:1$ ($1/2$ длинношерстных и $1/2$ короткошерстных).

- Ответ:** 1) в F_1 все потомство единообразное: по генотипу — Aa , по фенотипу — длинношерстное;
- 2) в F_2 произошло расщепление: по генотипу — $1AA : 2Aa : 1aa$; по фенотипу — $3:1$ ($3/4$ с длинной шерстью : $1/4$ с короткой шерстью);
- 3) в потомстве от возвратного скрещивания F_1 с длинношерстным родителем наблюдается расщепление по генотипу $1AA : 1Aa$, а по фенотипу 100% длинношерстное;
- 4) в потомстве от возвратного скрещивания F_1 с короткошерстным родителем наблюдается расщепление: по генотипу — $1Aa : 1aa$, а по фенотипу — $1:1$ ($1/2$ длинношерстных и $1/2$ короткошерстных).

◆ Задачи для самостоятельного решения

Задача 17. У земляники наличие усов доминирует над их отсутствием. Определите наличие усов у растений, полученных в результате следующих скрещиваний:

- 1) ♀ $Aa \times \sigma Aa$; 3) ♀ $aa \times \sigma AA$;
2) ♀ $AA \times \sigma Aa$; 4) ♀ $aa \times \sigma aa$.

Задача 18. У человека прямой разрез глаз доминирует над косым. Какой разрез глаз можно ожидать у детей, родители которых имеют прямой разрез глаз и генотип Cc ?

Задача 19. Женщина с прямым носом (генотип Pp) выходит замуж за мужчину с вогнутым носом (генотип pp). Какой нос будут иметь дети от этого брака?

Задача 20. Черный цвет щетины у свиней доминирует над рыжим. Какое потомство следует ожидать от скрещивания черной свиньи с генотипом FF и черного хряка с генотипом Ff ?

Задача 21. Доминантный ген A определяет развитие у человека нормальной формы эритроцитов, ген a — серпо-

видноклеточную форму. Мужчина с генотипом **Aa** женился на женщине, имеющей такой же генотип. Какую форму эритроцитов унаследуют их дети?

Задача 22. У человека ген, вызывающий одну из форм наследственной глухонемой, рецессивен по отношению к гену нормального слуха. Какое потомство можно ожидать от брака женщины с нормальным слухом (генотип **BB**) и глухого мужчины (генотип **bb**)?

Задача 23. У человека ген **D** определяет наличие в его крови резус-фактора, который наследуется по доминантному типу. Женщина с генотипом **dd**, имеющая резус-отрицательный фактор, вышла замуж за гетерозиготного мужчину с генотипом **Dd** и резус-положительным фактором. Какое потомство F_1 можно ожидать в таком браке по резус-фактору?

Задача 24. Серая окраска тела дрозофилы доминантна по отношению к черной. Какое потомство можно ожидать от скрещивания двух черных мух, имеющих генотип **bb**?

Задача 25. Желтый цвет семян гороха доминирует над зеленым. Какое потомство можно ожидать при скрещивании двух желтосеменных растений гороха с генотипом **AA**?

Задача 26. У человека карий цвет глаз доминирует над голубым. Какой цвет глаз можно ожидать у детей от брака голубоглазых мужчины и женщины?

Задача 27. У человека карий цвет глаз доминирует над голубым. У гетерозиготных кареглазых родителей голубоглазая дочь. Какой цвет глаз могут иметь внуки, если дочь выйдет замуж за гетерозиготного кареглазого мужчину? А если он гомозиготный кареглазый?

Задача 28. Какое потомство следует ожидать от скрещивания растений томата, одно из которых гетерозиготно и имеет многокамерные плоды, а другое — гомозиготное с многокамерными плодами, при условии, что многокамерность плода — доминантный признак?

Задача 29. У арбуза округлые плоды — доминантный признак, удлинённые — рецессивный. Гомозиготное растение с округлыми плодами было скрещено с растением, имеющим удлинённые плоды. Определите генотипы и фенотипы: 1) потомства F_1 ; 2) потомства F_2 ; 3) потомства от возвратного скрещивания растения F_1 с родительской формой, имеющей удлинённые плоды.

Задача 30. У дрозофилы нормальные крылья — доминантный признак, загнутые — рецессивный. Каким будет потомство от анализирующего скрещивания:

- 1) гомозиготной особи с нормальными крыльями;
- 2) гетерозиготной особи с нормальными крыльями;
- 3) особи с загнутыми крыльями?

Задача 31. У фигурной тыквы шаровидные плоды — доминантный признак (A), удлинённые — рецессивный (a). Гомозиготное растение с округлыми плодами было скрещено с растением, имеющим удлинённые плоды. Определите фенотипы: 1) потомства F_1 ; 2) потомства F_2 ; 3) потомства от возвратного скрещивания растений F_2 всех генотипических классов с родительской формой, имеющей удлинённые плоды.

Задача 32. У овса устойчивость к головне A доминантна по отношению к восприимчивости a . Определите формулу расщепления гибридов F_2 у овса при скрещивании двух растений, одно из которых гомозиготно по устойчивости к головне, а другое восприимчиво к этому заболеванию.

Задача 33. У ячменя раннеспелость A доминантна по отношению к позднеспелости a . Определите формулу расщепления гибридов F_1 у ячменя при скрещивании двух растений, одно из которых гомозиготное раннеспелое, а другое — позднеспелое.

Задача 34. У капусты устойчивость к мучнистой росе доминирует над восприимчивостью. Скрещиваются гомозиготное растение, устойчивое к мучнистой росе, и растение, восприимчивое к этому заболеванию. Какая часть гибридов F_2 окажется устойчивой к заболеванию? Ответ дайте в процентах и долях единицы.

Задача 35. У томатов красная окраска плода доминантна по отношению к желтой. Какая часть потомства (в долях единицы), полученного от скрещивания гетерозиготных красноплодных растений, будет гетерозиготна?

Определение генотипа и фенотипа родителей по генотипу и фенотипу потомков или расщеплению в потомстве

Основные этапы решения задач

1. Внимательно прочтите задачу. Используя генетическую символику, запишите ее условие. Если в условии задачи не указаны обозначения доминантного и рецессивного генов, введите обозначения самостоятельно. **Помните, что ген может быть обозначен любой буквой латинского алфавита, причем доминантный ген обозначается заглавной, а рецессивный — строчной буквами.**
2. Запишите схему скрещивания родительских особей. Определите генотип скрещиваемых особей. **Помните, что гомозиготная по доминантному признаку особь и гетерозиготная особь имеют одинаковый фенотип. Поэтому в генотипе такой особи показывают наличие доминантного гена, а на месте второго — ставят прочерк ($A_$). Под генотипом родительских особей обязательно подпишите их фенотип.**
3. Таким же образом определите и запишите генотипы F_1 .
4. Установите недостающие гены у родительских особей, проведите анализ их генотипа по генотипу и фенотипу потомков. При этом помните, что:
 - 1) каждая особь F_1 получает по одному гену от каждой родительской особи;
 - 2) единообразным потомство бывает при скрещивании гомозиготных особей ($AA \times AA$, $aa \times aa$, $AA \times aa$) или гетерозиготной особи с особью, гомозиготной по доминантному признаку ($Aa \times AA$);
 - 3) расщепление потомков в соотношении 1:1 бывает при скрещивании гетерозиготной особи с гомозиготной по рецессивному признаку особью;

P $\text{♀ } A_ \times \text{♂ } aa$
 черное белое

F₁ $A_$
 черное

4. *Анализируем генотипы родителей и потомства.* Каждая особь F₁ получает по одному гену от каждой родительской особи. От отцовского организма она может получить только рецессивный ген, поэтому особь F₁ гетерозиготна. Все первое поколение единообразно и несет доминантный признак. Такое потомство можно получить от скрещивания двух гомозиготных особей, одна из которых гомозиготна по доминантному, а другая — по рецессивному признаку. Отцовский организм гомозиготен по рецессивному признаку, значит, материнская особь гомозиготна по доминантному, то есть ее генотип — AA.

5. *Переписываем схему скрещивания, используя установленные генотипы родительских особей.*

P $\text{♀ } AA \times \text{♂ } aa$
 черное белое

6. *Определяем типы гамет скрещиваемых особей.*

P $\text{♀ } AA \times \text{♂ } aa$
 черное белое

Типы гамет $(A) \quad (a)$

7. *Получаем потомков F₁.*

P $\text{♀ } AA \times \text{♂ } aa$
 черное белое

Типы гамет $(A) \quad (a)$

F₁ Aa
 черное
 100%

Краткая запись решения задачи:

P $\text{♀ } A_ \times \text{♂ } aa$
 черное белое

F₁ $A_$
 черное

F₁ единообразное черносемное (доминантный признак), поэтому в генотипе имеется хотя бы один доминантный ген. Их генотип, таким образом, — A_. Так как особи F₁ получают по одному гену от каждой родительской особи, то от отцовского организма они могут получить только рецессивный ген. Поэтому особи F₁ гетерозиготны, то есть их генотип — Aa. От материнского организма они получают доминантный ген. Поэтому генотип материнского организма AA.

P	♀ AA × ♂ aa
	черное белое
Типы гамет	(A) (a)
F ₁	Aa
	черное
	100%

Ответ: генотип материнского организма AA.

Задача 06. У дрозофилы серая окраска тела B доминирует над черной b. При скрещивании серой мухи с черной все потомство имело серую окраску тела. Какое потомство можно ожидать от возвратного скрещивания серой самки F₁?

Дано:

B — серая окраска
 b — черная окраска
 P — ♀ серая × ♂ черная

F_B — ?

Решение:

1—4. Сначала определяем генотипы родительских особей и потомков, выполняя операции пунктов 1—4 задачи 05.

5. Записываем схему возвратного скрещивания, определяем типы гамет скрещиваемых особей и получаем потомков F_B.

P	♀ Bb × ♂ bb
	серое черное
Типы гамет	(B) (b) (b)
F _B	Bb bb
	серое черное
	1/2 1/2

6. *Анализируем результаты скрещивания.* В F_B произошло расщепление по генотипу и по фенотипу в соотношении 1:1.

Краткая запись решения задачи:

P	♀ Bb × ♂ bb
	серое черное
Типы гамет	(B) (b) (b)
F_B	Bb bb
	серое черное
	1/2 1/2

По генотипу: 1(**Bb**) : 1(**bb**);
по фенотипу: 1 (серое тело) : 1 (черное тело).

Ответ: в F_B 1/2 с серой окраской тела и 1/2 — с черной.

Задача 07. У кур оперенные ноги — доминантный признак (**O**), отсутствие оперения — рецессивный (**o**). От скрещивания петуха с оперенными ногами и курицы, у которой оперение ног отсутствует, получены цыплята с оперенными ногами. Какое потомство можно получить от скрещивания петуха из F_1 с курицей, имеющей оперенные ноги?

Дано:

- O** — оперенные ноги
- o** — отсутствие оперения
- P — ♀ без оперения
- ♂ с оперен. ногами
- F_1 — с оперенными ногами
- P — ♀ с оперен. ногами
- ♂ из F_1
- F — с оперенными ногами

F от петуха из F_1 и курицы с оперенными ногами — ?

Решение:

1. *Сначала определяем генотипы петуха, курицы с отсутствием оперения на ногах и потомков от их скрещивания, выполняя операции пунктов 1—4 задачи 05.* Генотип петуха **OO**, курицы — **oo**, цыплята F_1 — **Oo**. Генотип курицы с оперенными ногами по условию задачи неизвестен. Возможны два варианта — **OO** и **Oo**. Поэтому рассматриваем два варианта.

5. Записываем схемы скрещивания петуха из F_1 с курицей, имеющей оперенные ноги, определяем генотипы скрещиваемых особей и получаем потомство от скрещиваний.

P	♀ OO × ♂ Oo оперен. оперен.	♀ Oo × ♂ Oo оперен. оперен.
Типы гамет	⊙ ⊙ ⊙	⊙ ⊙ ⊙ ⊙
F	OO Oo оперен. оперен.	OO Oo Oo oo оперен. оперен. оперен. не опер.

6. Анализируем результаты скрещивания. Если курица имеет генотип **OO**, то в потомстве от скрещивания происходит расщепление по генотипу в соотношении 1:1, а по фенотипу потомство единообразное — с оперенными ногами.

Если курица имеет генотип **Oo**, то в потомстве от скрещивания происходит расщепление по генотипу в соотношении 1:2:1, а по фенотипу в соотношении 3:1.

Краткая запись решения задачи:

Определение генотипов скрещиваемых особей и потомков, как в задаче 05. Курица с оперенными ногами может иметь два варианта генотипа — **OO** и **Oo**. Поэтому рассматриваем два варианта.

P	♀ OO × ♂ Oo оперен. оперен.	♀ Oo × ♂ Oo оперен. оперен.
Типы гамет	⊙ ⊙ ⊙	⊙ ⊙ ⊙ ⊙
F	OO Oo оперен. оперен.	OO Oo Oo oo оперен. оперен. оперен. не опер.

По генотипу: 1(OO) : 1(oo)	1(OO) : 2(Oo) : 1(oo)
по фенотипу: 100%	75% с оперен., 25% без оперен.
с оперен. ногами	

Ответ: если генотип курицы **OO**, то потомство с оперенными ногами, если — **Oo**, то 75% с оперенными ногами и 25% без оперения на ногах.

Задача 08. У фасоли желтая окраска бобов — доминантный признак, зеленая — рецессивный. От скрещивания растений с желтыми бобами получено потомство, $\frac{3}{4}$ которого имело желтые бобы, а $\frac{1}{4}$ — зеленые. Определите генотипы скрещиваемых растений.

1. Вводим обозначения генов: **A** — желтая окраска бобов, **a** — зеленая окраска бобов.

2. Делаем краткую запись условия задачи и решаем ее.

Дано:

A — желтая окраска

a — зеленая окраска

P — ♀ желтые × ♂ желтые

F₁ — $\frac{3}{4}$ с желтыми бобами
 $\frac{1}{4}$ с зелеными бобами

Генотип **P** — ?

Решение:

3. Записываем схему скрещивания.

P ♀ желтые × ♂ желтые

F₁ — $\frac{3}{4}$ с желтыми бобами, $\frac{1}{4}$ с зелеными бобами.

4. Анализируем генотип скрещиваемых особей по формуле расщепления потомства. Согласно II закону Менделя, расщепление 3:1 получается при скрещивании гетерозиготных особей. Поэтому генотип **P** — **Aa**.

5. Переписываем схему скрещивания, используя установленные генотипы родительских особей, определяем типы гамет скрещиваемых особей и получаем потомков **F₁**.

P

♀ **Aa** × ♂ **Aa**

желтый желтый

Типы гамет

(**A**) (**a**) (**A**) (**a**)

F₁

AA **Aa** **Aa** **aa**

желт. желт. желт. зелен.

3 (желтые бобы) : 1 (зеленые бобы)

Краткая запись решения задачи:

A — желтая окраска бобов, **a** — зеленая окраска бобов.

P ♀ желтые × ♂ желтые

F₁ $\frac{3}{4}$ с желтыми бобами : $\frac{1}{4}$ с зелеными бобами

По II закону Менделя, расщепление 3 : 1 получается при скрещивании гетерозиготных особей. Поэтому генотип Р — Аа.

Р	♀ Аа × ♂ Аа
	желтый желтый
Типы гамет	Ⓐ ⓐ Ⓐ ⓐ
F ₁	АА Аа Аа аа
	желт. желт. желт. зелен.

3 (желтые бобы) : 1 (зеленые бобы)

Ответ: генотип Р — Аа.

Задача 09. У гороха нормальный рост доминирует над карликовостью. Растение нормального роста скрещено с карликовым. В потомстве произошло расщепление признаков: 123 растения нормальных, 112 — карликовых. Определите генотипы родителей и потомков.

1. Вводим обозначения генов: А — нормальный рост, а — карликовость.
2. Делаем краткую запись условия задачи и решаем ее.

Дано:

А — нормальный рост
 а — карликовость
 Р — ♀ норма × ♂ карлик
 F₁ — 123 нормальных
 112 карликов

Генотипы Р и F₁ — ?

Решение:

3. Записываем схему скрещивания.

Р ♀ норма × ♂ карлик
 F₁ — 123 нормальных
 112 карликовых

4. Анализируем генотип скрещиваемых особей по формуле расщепления потомства. В потомстве произошло расщепление, близкое к 1:1. Такое расщепление получается при скрещивании гетерозиготной особи с особью, гомозиготной по рецессивному признаку. Отцовское растение — карлик, то есть у него фенотипически проявляется рецессивный признак. Поэтому его генотип — аа. Отсюда следует, что материнское растение гетерозиготное и имеет генотип Аа.

5. Переписываем схему скрещивания, используя установленные генотипы родительских особей, определяем типы гамет скрещиваемых особей и получаем потомков F_1 .

P	♀ Aa × ♂ aa
	норма карлик
Типы гамет	(A) (a) (a)
F_1	Aa aa
	норма карлик

Краткая запись решения задачи:

A — нормальный рост, **a** — карликовость.

P ♀ норма × ♂ карлик

F_1 123 нормальных и 112 карликов

Расщепление, близкое к 1:1. Значит, скрещиваются гетерозиготная и гомозиготная по рецессивному признаку особи. ♂ несет рецессивный признак, его генотип — **aa** ⇒ генотип ♀ — **Aa**.

P	♀ Aa × ♂ aa
	норма карлик
Типы гамет	(A) (a) (a)
F_1	Aa aa
	норма карлик

Ответ: генотипы: ♀ — **Aa**, ♂ — **aa**; F_1 — **Aa**, **aa**.

◆ Задачи для самостоятельного решения

Задача 36. Нормальный слух у человека обусловлен доминантным геном **S**, а наследственная глухонмота определяется рецессивным геном **s**. От брака глухонемой женщины с нормальным мужчиной родился глухонемой ребенок. Определите генотипы родителей.

Задача 37. Альбинизм (отсутствие пигмента) у человека — рецессивный признак (**b**), нормальная пигментация кожи — доминантный (**B**). У родителей с нормальной пигментацией кожи ребенок — альбинос. Каковы генотипы родителей?

Задача 38. У коров черная окраска шерсти (А) доминирует над красной (а). В стаде бык с черной окраской шерсти, а коровы — черной и красной масти. Все телята, появившиеся в этом стаде, имеют черную масть. Определите генотип быка.

Задача 39. В другом стаде бык и коровы имеют те же масти, но в стаде появляются как черные, так и красные телята. Каков генотип быка этого стада?

Задача 40. Длинные уши у мышей — доминантный признак (L), а короткие — рецессивный (l). Скрестили самца с длинными ушами и самку с короткими. В F₁ все потомство с длинными ушами. Определите генотип самца.

Задача 41. Седая прядь волос надо лбом у человека — доминантный признак (А), ее отсутствие — рецессивный (а). У матери — седая прядь волос надо лбом, а у отца и сына — нет. Каков генотип матери?

Задача 42. У собак жесткая шерсть доминантна (D), мягкая рецессивна (d). От скрещивания жесткошерстной самки с мягкошерстным самцом родился жесткошерстный щенок. Какое потомство можно ожидать от возвратного скрещивания этого щенка с жесткошерстной самкой?

Задача 43. У гороха желтая окраска А доминирует над зеленой а. При скрещивании желтого гороха с зеленым получены гибриды F₁ желтой окраски. Какое потомство можно ожидать от анализирующего скрещивания полученных гибридов?

Задача 44. У фасоли черная окраска семян доминирует над белой. При скрещивании черносеменного растения с белосеменным получены растения только с черными семенами. Какую окраску семян будет иметь потомство от скрещивания двух таких черносеменных особей F₁ между собой?

Задача 45. У человека ген, определяющий карий цвет глаз К, доминирует над геном, определяющим голубой цвет глаз к. Кареглазый мужчина женился на голубоглазой женщине. От этого брака родились два кареглазых сына. Пер-

вый сын женился на голубоглазой женщине, и у них родился голубоглазый сын. Второй — на кареглазой. Определите: 1) генотипы всех членов семьи; 2) фенотип детей второго сына.

Задача 46. У человека полидактилия (шестипалость) наследуется как доминантный признак, пятипалость — как рецессивный. В семье пятипалой женщины и шестипалого мужчины семь детей. Все они шестипалые. Какое потомство можно ожидать от брака: 1) шестипалого сына с пятипалой женщиной; 2) шестипалой дочери с шестипалым мужчиной?

Задача 47. По Менделю, серая окраска семенной кожуры у гороха **A** доминирует над белой **a**. В следующих скрещиваниях определите генотипы родителей.

	Родители	Потомство
1	♀ серая кожура × ♂ белая	32 с серой, 38 с белой кожурой
2	♀ серая кожура × ♂ серая	118 с серой, 39 с белой кожурой
3	♀ белая кожура × ♂ белая	0 с серой, 50 с белой кожурой
4	♀ серая кожура × ♂ белая	74 с серой, 0 с белой кожурой
5	♀ серая кожура × ♂ серая	90 с серой, 0 с белой кожурой

Задача 48. У морской свинки курчавая шерсть (**B**) доминирует над гладкой (**b**). Определите генотипы всех животных в следующих скрещиваниях:

- 1) ♀ с курчавой шерстью × ♂ с гладкой → все потомки с курчавой шерстью;
- 2) ♀ с курчавой шерстью × ♂ с гладкой → 1/2 потомков с курчавой шерстью, 1/2 — с гладкой;
- 3) ♀ с гладкой шерстью × ♂ с гладкой → потомки всегда только гладкошерстные.

Задача 49. У томатов нормальная высота растений **A** доминирует над карликовостью **a**. Определите генотипы скрещиваемых растений, если в их потомстве наблюдается расщепление по этим признакам в отношении: 1) 1:1; 2) 3:1.

Задача 50. У дрозофилы серый цвет тела **B** доминирует над черным **b**. От скрещивания двух дрозофил с серым

телом получено потомство, среди которого $1/4$ мух имела черную окраску тела. Определите генотип родительских организмов.

Задача 51. У ячменя раннеспелость **P** доминирует над позднеспелостью **p**. При скрещивании двух сортов получены гибриды, у которых раннеспелых форм в 3 раза больше, чем позднеспелых. Каковы генотип и фенотип родительских сортов?

Задача 52. У кроликов серая окраска шерсти — доминантный признак (**B**), черная окраска — рецессивный (**b**). 6 серых крольчих скрещены с черным самцом. В результате пяти скрещиваний все полученное потомство состояло из серых кроликов. В одном случае среди 9 кроликов было 5 серых и 4 черных. Определите генотипы кролика, крольчих и крольчат во всех случаях скрещивания.

Задача 53. У кроликов шерсть нормальной длины доминантна (**B**), короткая — рецессивна (**b**). У крольчихи с короткой шерстью родились 7 крольчат — 4 короткошерстных и 3 с нормальной шерстью. Определите генотип и фенотип отца.

Задача 54. У собак черный цвет шерсти **B** доминирует над коричневым **b**. От скрещивания черной самки с коричневым самцом было получено 4 черных и 3 коричневых щенка. Определите генотипы родителей и потомства.

Задача 55. Сростнопалые ноги у свиньи — доминантный признак (**M**), нормальные — рецессивный (**m**). Свинья со сростнопалыми ногами принесла 17 поросят, 4 из которых имели нормальные ноги. Каков генотип хряка?

Определение доминантности или рецессивности признака

Для определения доминантности и рецессивности признака необходимо помнить, что:

- 1) доминантный признак всегда проявляется фенотипически;

- 2) если от скрещивания двух особей с альтернативными признаками все потомство единообразно и несет признак одной из родительских форм, то признак этой особи является доминантным;
- 3) если в потомстве от скрещивания особи наблюдается расщепление, то она гетерозиготна и несет доминантный признак;
- 4) если потомство, полученное от скрещивания фенотипически одинаковых особей, несет альтернативный признак, то признак родительских форм является доминантным.

Основные этапы решения задач

1. Внимательно прочтите условие задачи. Используя генетическую символику, запишите условие задачи.
2. Запишите схему скрещивания родительских особей, указывая только их фенотип.
3. Запишите фенотипы потомства. Если в условии задачи даются формула расщепления или количество потомства, запишите и эти данные.
4. Определите, какой из признаков является доминантным, а какой — рецессивным. Введите обозначение генов, контролирующих развитие этих признаков, и сделайте соответствующую запись. **Помните, что ген может быть обозначен любой буквой латинского алфавита, причем доминантный ген обозначается заглавной, а рецессивный — строчной буквами.**
5. Перепишите схему скрещивания, записав генотипы и фенотипы родительских особей. Решите задачу обычным способом (приведен ниже).
 - 1) Определите количество типов гамет, образуемых родительскими особями. **Помните, что гомозиготная особь образует один тип гамет ($AA \rightarrow A$ или $aa \rightarrow a$), гетерозиготная особь — два типа гамет ($Aa \rightarrow A, a$).**
 - 2) Запишите гаметы родительских особей.
 - 3) Определите, какие генотипы образуются у потомков F_1 . **Помните, что процесс оплодотворения носит равновероятностный характер, то есть любой сперматозоид может оплодотворить любую яйцеклетку.**

- 4) Запишите генотипы и фенотипы F_1 .
 5) Если требуется по условию задачи, определите генотипы и фенотипы потомков F_2 . Для этого запишите схему скрещивания гибридов F_1 между собой.
 6. Запишите ответ, который должен соответствовать вопросу задачи.

✧ Примеры решения задач

Задача 010. От скрещивания позднеспелого сорта клевера красного со скороспелым все потомство оказалось позднеспелым. Определите: 1) какой признак доминирует; 2) генотипы родительских особей и потомства.

Дано:

Р ♀ позднеспелый
 ♂ скороспелый
 F_1 позднеспелые

Дом. признак — ?
 Генотип Р, F_1 — ?

Решение:

1. *Записываем схему скрещивания.*

Р ♀ позднеспелый × ♂ скороспелый

2. *Записываем фенотипы потомства.*

Р ♀ позднеспелый × ♂ скороспелый
 F_1 позднеспелые

3. *Определяем, какой из признаков является доминантным.* Потомство от скрещивания единообразное позднеспелое. Значит, этот признак доминантный, а скороспелость — рецессивный. Обозначим ген, обуславливающий развитие позднеспелости, буквой **A**, скороспелости — **a**.

4. *Переписываем схему скрещивания, используя введенные обозначения генов.*

Р ♀ **AA** × ♂ **aa**
 позднесп. скоросп.

5. *Определяем типы гамет скрещиваемых особей.*

Р ♀ **AA** × ♂ **aa**
 позднесп. скоросп.

Типы гамет

Ⓐ

ⓐ

6. Определяем генотипы и фенотипы потомков F_1 .

Р $\text{♀ AA} \times \text{♂ aa}$
 позднесп. скоросп.
 Типы гамет $\text{Ⓐ} \quad \text{ⓐ}$
 F_1 Aa
 позднесп.

Краткая запись решения задачи:

Р $\text{♀ позднеспелый} \times \text{♂ скороспелый}$
 F_1 позднеспелые

Позднеспелость — доминантный признак, так как все потомство единообразное, позднеспелое.

A — позднеспелость, a — скороспелость.

Р $\text{♀ AA} \times \text{♂ aa}$
 позднесп. скоросп.

Типы гамет $\text{Ⓐ} \quad \text{ⓐ}$
 F_1 Aa
 позднесп.

Ответ: 1) позднеспелость — доминантный признак.

2) Генотипы: Р — ♀ AA , ♂ aa ; F_1 — Aa .

Задача 011. От скрещивания растения флокса с белой окраской венчика с растением, имеющим кремовую окраску венчика, получено потомство с белым венчиком. Определите: 1) какой признак доминирует; 2) генотипы родительских особей и потомства F_1 ; 3) формулу расщепления гибридов F_2 по генотипу и фенотипу.

Дано:

Р $\text{♀ белый} \times \text{♂ кремовый}$
 F_1 белые

Дом. признак — ?

Генотип Р, F_1 — ?

Формула расщепл. F_2 по генотипу и фенотипу — ?

Решение:

1. Записываем схему скрещивания.

Р $\text{♀ белый} \times \text{♂ кремовый}$

2. Записываем фенотипы потомства.

Р $\text{♀ белый} \times \text{♂ кремовый}$
 F_1 белые

3. *Определяем, какой из признаков является доминантным.* Потомство от скрещивания белоцветкового растения с растением, имеющим кремовые цветки, единообразное белоцветковое. Значит, белая окраска венчика — доминантный признак, а кремовая — рецессивный. Обозначим ген, обуславливающий развитие белой окраски венчика, буквой **A**, кремовой — **a**.

4. *Переписываем схему скрещивания, используя введенные обозначения генов.*

P ♀ **AA** × ♂ **aa**
 белый кремовый

5. *Определяем типы гамет скрещиваемых особей.*

P ♀ **AA** × ♂ **aa**
 белый кремовый

Типы гамет (A) (a)

6. *Определяем генотипы и фенотипы потомков F₁.*

P ♀ **AA** × ♂ **aa**
 белый кремовый

Типы гамет (A) (a)

F₁ **Aa**
 белые

7. *Записываем схему скрещивания гибридов F₁.*

♀ **Aa** × ♂ **Aa**
 белый белый

8. *Определяем типы гамет.* Потомки F₁ гетерозиготны, поэтому они образуют по два типа гамет.

♀ **Aa** × ♂ **Aa**
 белый белый

Типы гамет (A) (a) (A) (a)

9. *Получаем потомков F₂.*

♀ **Aa** × ♂ **Aa**
 белый белый

Типы гамет (A) (a) (A) (a)

F₂ **AA** **Aa** **Aa** **aa**
 белый белый белый кремов.

1(**AA**) : 2(**Aa**) : 1(**aa**)
 3 (белые) : 1 (кремовые)

Краткая запись решения задачи:

P ♀ белый × ♂ кремовый

F₁ белые

Потомство от скрещивания белоцветкового растения с растением, имеющим кремовые цветки, единообразное белоцветковое, поэтому: **A** — белая окраска венчика, **a** — кремовая окраска венчика.

P ♀ **AA** × ♂ **aa**
 белый кремовый

Типы гамет (A) (a)

F₁ **Aa**
 белые

♀ **Aa** × ♂ **Aa**
 белый белый

Типы гамет (A) (a) (A) (a)

F₂ **AA Aa Aa aa**
 белый белый белый кремов.

1(**AA**) : 2(**Aa**) : 1(**aa**)

3 (белые) : 1 (кремовые)

Ответ: 1) белая окраска венчика — доминантный признак.

2) Генотипы P: ♀ **AA**, ♂ **aa**. Генотипы F₁: **Aa**.

3) F₂: формула расщепления по генотипу — 1(**AA**) : 2(**Aa**) : 1(**aa**); формула расщепления по фенотипу — 3 (белые) : 1 (кремовые).

Задача 012. При скрещивании дрозофил с нормальными крыльями получено потомство, 75% которого имело нормальные крылья, а 25% — зачаточные. Определите: 1) какой признак доминирует; 2) генотипы родительских особей и потомства F₁.

Дано:

P ♀ нормальные кр.

♂ нормальные кр.

F₁ 75% с норм. кр.

25% с зач. кр.

Дом. признак — ?

Генотип P, F₁ — ?

Решение:

1. *Записываем схему скрещивания.*

P ♀ нормальные × ♂ нормальные

2. *Записываем фенотипы потомства.*

P ♀ нормальные × ♂ нормальные

F₁ 75% нормальные,

25% зачаточные

3. Определяем, какой из признаков является доминантным. В F_1 расщепление 3:1. Значит, скрещиваемые особи гетерозиготны, и проявляющийся у них признак — нормальные крылья — доминантный.

A — нормальные крылья, **a** — зачаточные крылья.

4. Переписываем схему скрещивания, используя введенные обозначения генов.

P $\text{♀ Aa} \times \text{♂ Aa}$
 норм. норм.

5. Определяем типы гамет скрещиваемых особей.

P $\text{♀ Aa} \times \text{♂ Aa}$
 норм. норм.

Типы гамет $\text{Ⓐ} \text{ⓐ} \text{Ⓐ} \text{ⓐ}$

6. Определяем генотипы и фенотипы потомков F_1 .

P $\text{♀ Aa} \times \text{♂ Aa}$
 норм. норм.

Типы гамет $\text{Ⓐ} \text{ⓐ} \text{Ⓐ} \text{ⓐ}$

F_1 $\text{AA} \text{ Aa} \text{ Aa} \text{ aa}$
 норм. норм. норм. зачат.

75% с нормальными крыльями, 25% — с зачаточными

Краткая запись решения задачи:

P ♀ нормальные \times ♂ нормальные

F_1 75% нормальные, 25% зачаточные

В потомстве наблюдается расщепление в соотношении 3:1. Значит, скрещиваемые особи гетерозиготны, а их признак — доминантный.

A — нормальные крылья, **a** — зачаточные крылья.

P $\text{♀ Aa} \times \text{♂ Aa}$
 норм. норм.

Типы гамет $\text{Ⓐ} \text{ⓐ} \text{Ⓐ} \text{ⓐ}$

F_1 $\text{AA} \text{ Aa} \text{ Aa} \text{ aa}$
 норм. норм. норм. зачат.

75% с нормальными крыльями, 25% — с зачаточными

Ответ: 1) нормальные крылья — доминантный признак.

2) Генотипы P: Aa. Генотипы F_1 : 1AA : 2Aa : 1aa.

Задача 013. От скрещивания кроликов с серой окраской меха получено 11 крольчат, 8 из которых имели серую окраску меха, а 3 — черную. Определите: 1) доминантный признак; 2) генотип скрещиваемых кроликов.

Дано:

P ♀ серый × ♂ серый

F₁ 8 серых, 3 черных

Генотип P — ?

Решение:

1. *Записываем схему скрещивания.*

P ♀ серый × ♂ серый

2. *Записываем фенотипы потомства.*

P ♀ серый × ♂ серый

F₁ 8 серых, 3 черных

3. *Определяем, какой признак является доминантным.*

В потомстве наблюдается расщепление в соотношении, близком к 3:1. Значит, скрещивались гетерозиготные особи, а они при полном доминировании несут доминантный признак. Таким образом, серая окраска меха — доминантный признак.

A — серая окраска меха, **a** — черная окраска меха.

4. *Переписываем схему скрещивания.*

P ♀ **Aa** × ♂ **Aa**
серый серый

5. *Определяем гаметы скрещиваемых особей.*

P ♀ **Aa** × ♂ **Aa**
серый серый

Типы гамет (A) (a) (A) (a)

6. *Получаем потомство от скрещивания.*

P ♀ **Aa** × ♂ **Aa**
серый серый

Типы гамет (A) (a) (A) (a)

F₁ AA Aa Aa aa
серый серый серый черный

1(AA) : 2(Aa) : 1(aa)

3 (с серым мехом) : 1 (с черным мехом)

Краткая запись решения задачи:

P ♀ серый × ♂ серый

F₁ 8 серых, 3 черных

3 : 1

В потомстве наблюдается расщепление в соотношении 3 : 1, значит, скрещивались гетерозиготные особи, а они несут доминантный признак, следовательно, **A** — серая окраска, **a** — черная.

P	♀ Aa × ♂ Aa
	серый серый
Типы гамет	(A) (a) (A) (a)
F ₁	AA Aa Aa aa
	серый серый серый черный
	1(AA) : 2(Aa) : 1(aa)
	3 (с серым мехом) : 1 (с черным мехом)

Ответ: 1) серая окраска меха — доминантный признак.
2) Генотипы P — Aa.

Задача 014. Петуха с розовидным гребнем скрестили с двумя курицами, одна из которых имела розовидный гребень, а другая — простой (в ее родословной все животные имели простой гребень). От первого скрещивания получено потомство с розовидным гребнем, от второго — потомство, 1/2 которого имела розовидный гребень, а 1/2 — простой. Какое потомство можно получить от скрещивания этого петуха с гетерозиготной курицей?

Дано:

P ♀ розовидный гр.
♂ розовидный гр.

F₁ розовидный гр.

P ♀ простой гр.
♂ розовидный гр.

F₁ 50% с розов. гр.
50% с прос. гр.

F₁ от скрещивания петуха с гетерозиготной курицей — ?

Решение:

1. *Записываем схемы двух скрещиваний.*

P ♀ роз. × ♂ роз. ♀ прост. × ♂ роз.

2. *Записываем фенотипы потомства.*

P ♀ роз. × ♂ роз. ♀ прост. × ♂ роз.
F₁ розовидн. гр. 50% 50%

3. *Определяем доминантный признак.*
Для этого сначала проанализируем генотип особей, принимавших участие в скрещиваниях.

Все предки второй курицы имели простой гребень. Значит, она относится к чистой линии, то есть является

гомозиготной. В потомстве от скрещивания петуха с этой курицей наблюдается расщепление. Поэтому петух — гетерозиготен, то есть несет доминантный признак. Следовательно, розовидный гребень — доминантный признак.

A — розовидный гребень, **a** — простой гребень.

4. *Определяем генотип курицы.* Петух гетерозиготен, все потомство от скрещивания с первой курицей единообразно, значит, она гомозиготна по доминантному признаку, то есть ее генотип **AA**. У второй курицы простой гребень, значит, ее генотип **aa**.

5. *Переписываем схемы скрещиваний, используя введенные обозначения генов.*

P	♀ AA × ♂ Aa	♀ aa × ♂ Aa
	розов. розов.	прост. розов.

6. *Определяем типы гамет скрещиваемых особей.*

P	♀ AA × ♂ Aa	♀ aa × ♂ Aa
	розов. розов.	прост. розов.
Типы гамет	Ⓐ Ⓐ а	а Ⓐ а

7. *Определяем генотипы и фенотипы потомков F₁.*

P	♀ AA × ♂ Aa	♀ aa × ♂ Aa
	розов. розов.	прост. розов.
Типы гамет	Ⓐ Ⓐ а	а Ⓐ а
F ₁	AA Aa	Aa aa
	розов. розов.	розов. прост.
	100%	50% 50%

8. *Записываем схему скрещивания.*

P	♀ Aa × ♂ Aa
	розов. розов.

9. *Определяем гаметы скрещиваемых особей.*

P	♀ Aa × ♂ Aa
	розов. розов.
Типы гамет	Ⓐ а Ⓐ а

10. Получаем потомство от скрещивания.

P ♀ Aa × ♂ Aa
розов. розов.

Типы гамет (A) (a) (A) (a)

F₁ AA Aa Aa aa
розов. розов. розов. прост.

3 (с розовидным гребнем) : 1 (с простым гребнем)

Краткая запись решения задачи:

P ♀ роз. × ♂ роз. ♀ прост. × ♂ роз.

F₁ розовидн. гр. 50% 50%

Так как предки второй курицы имели простой гребень, она гомозиготна. В потомстве наблюдается расщепление. Поэтому петух гетерозиготен и несет доминантный признак — розовидный гребень.

A — розовидный гребень, a — простой гребень.

В первом скрещивании потомство единообразно и несет доминантный признак. Поскольку петух гетерозиготен, значит, первая курица гомозиготна по доминантному признаку. Итак, генотип петуха — Aa, генотип первой курицы — AA, генотип второй курицы — aa.

P	♀ AA × ♂ Aa	♀ aa × ♂ Aa
	розов. розов.	прост. розов.
Типы гамет	(A) (A) (a)	(a) (A) (a)
F ₁	AA Aa	Aa aa
	розов. розов.	розов. прост.
	100%	50% 50%

P ♀ Aa × ♂ Aa
розов. розов.

Типы гамет (A) (a) (A) (a)

F₁ AA Aa Aa aa
розов. розов. розов. прост.

3 (с розовидным гребнем) : 1 (с простым гребнем)

Ответ: 75% цыплят с розовидным гребнем и 25% — с простым.

◆ Задачи для самостоятельного решения

Задача 56. Скрещиваются растения томата с круглыми и грушевидными плодами. Все потомство от скрещивания имеет круглые плоды. Определите: 1) какой признак доминирует; 2) генотип потомства.

Задача 57. В семье пятеро детей со смуглой кожей, а у их матери кожа белая. Определите: 1) какой признак доминирует; 2) каков цвет кожи у отца этих детей.

Задача 58. От скрещивания устойчивого к корневой гнили и восприимчивого к этому заболеванию растений табака получено устойчивое потомство. Определите: 1) какой признак доминирует; 2) генотипы родительских особей.

Задача 59. Растения гороха с красным венчиком получены от скрещивания растений, имеющих красную и белую окраску венчика. Определите: 1) какой признак доминирует; 2) фенотипы потомства от возвратного скрещивания гибридного растения с белоцветковой родительской особью.

Задача 60. От скрещивания растения флокса с плоской формой венчика с растением, имеющим воронковидную форму венчика, получено потомство с плоским венчиком. Определите: 1) какой признак доминирует; 2) генотипы родительских особей и потомства F_1 ; 3) формулу расщепления гибридов F_2 по генотипу и фенотипу.

Задача 61. Скрещиваются остистое и безостое растения ячменя. Потомство — остистое. Определите: 1) какой признак доминирует; 2) формулу расщепления по генотипу потомства от анализирующего скрещивания гибридов F_1 .

Задача 62. У дрозофилы нормальные крылья доминируют над зачаточными. При скрещивании двух дрозофил с нормальными крыльями получено 330 потомков, 80 потомков из которых имели зачаточные крылья, а 250 — нормальные. Определите: 1) какой признак является доминантным; 2) каковы генотипы родителей и потомства.

Задача 63. На звероферме в течение нескольких лет от одной пары норок был получен приплод в 225 особей. Из

них 167 имели коричневый мех, а 57 — голубовато-серый. Определите: 1) какой из признаков является доминантным; 2) каковы генотипы и фенотипы родителей и потомства.

Задача 64. У томатов кожица плодов может быть гладкой или опушенной. Один сорт имеет плоды гладкие, другой — опушенные. При их скрещивании F_1 имеет гладкие плоды, в F_2 — 174 растения с опушенными и 520 с гладкими плодами. Как наследуется опушенность?

Задача 65. При скрещивании коричневой норки с серой — потомство коричневое. В F_2 получено 47 коричневых и 15 серых. Какой признак доминирует? Сколько будет гомозигот среди 47 коричневых и 15 серых?

Задача 66. При скрещивании пегих кроликов со сплошь окрашенными — в потомстве только пегие крольчата. В F_2 — 23 пегих крольчонка и 8 со сплошной окраской. Определите: 1) какой признак доминантен; 2) сколько крольчат из 23 пегих гомозиготны.

Задача 67. Светловолосая женщина, родители которой имели темные волосы, выходит замуж за темноволосого мужчину, родители которого также имели темные волосы, а сестра светлые. От этого брака рождается пять темноволосых детей. Определите: 1) какой признак доминирует; 2) генотипы всех членов семьи.

Определение вероятности появления потомства с заданным признаком

Фактические результаты скрещиваний чаще всего не соответствуют теоретически ожидаемым. Например, оба родителя гетерозиготные кареглазые. Теоретически возможно появление в этой семье голубоглазых детей, но все родившиеся дети имеют карие глаза. Отклонение от ожидаемого расщепления зависит от ряда условий:

- равновероятного образования организмом всех типов гамет;
- равновероятного сочетания гамет при оплодотворении во всех возможных комбинациях;
- равной жизнеспособности зигот всех генотипов;

- независимости полного проявления признака от условий развития организма и т.д.

На характер расщепления влияет и число анализируемых особей (размер выборки).

Таким образом, расщепление признаков — явление биологическое и носит случайный статистический характер.

Вероятность появления какого-либо события (в нашем случае появление особей с заданным(и) признаком(ами)) вычисляется по формуле:

$$\text{вероятность события} = \frac{\text{число ожидаемых событий}}{\text{число всех возможных событий}}$$

Помните, что:

- вероятность появления события выражается в процентах или долях единицы;
- вероятность появления события может быть равна нулю.

Дать универсальную схему решения таких задач невозможно, так как это могут быть задачи любого типа, но одним из ее вопросов (чаще всего главным) является именно определение вероятности появления особей с заданным признаком. Поэтому, приступая к решению задачи, сначала выясните, к какому типу она относится, а затем решите ее, пользуясь соответствующим алгоритмом. И, самое главное, помните, что ответ должен соответствовать вопросу задачи.

✧ Примеры решения задач

Задача 015. У тыквы желтая окраска плодов **A** доминирует над белой **a**. Скрещиваются растения, имеющие генотипы **AA** и **Aa**. Определите вероятность появления растений с белыми плодами.

Дано:

A — желтая окраска
a — белая окраска

Вероятность белой
в F_1 — ?

Решение:

1. *Записываем схему скрещивания.*
По условию задачи скрещиваемые растения имеют генотипы **AA** и **Aa**.

P ♀ **AA** × ♂ **Aa**
 желтая желтая

2. Определяем типы гамет скрещиваемых особей.

P $\text{♀ AA} \times \text{♂ Aa}$
желтая желтая

Типы гамет $\text{Ⓐ} \quad \text{Ⓐ} \quad \text{ⓐ}$

3. Получаем потомков F_1 .

P $\text{♀ AA} \times \text{♂ Aa}$
желтая желтая

Типы гамет $\text{Ⓐ} \quad \text{Ⓐ} \quad \text{ⓐ}$

F_1 $\text{AA} \quad \text{Aa}$
желтая желтая

4. Проводим анализ скрещивания.

Все потомство единообразное с желтыми плодами.

Краткая запись решения задачи:

P $\text{♀ AA} \times \text{♂ Aa}$
желтая желтая

Типы гамет $\text{Ⓐ} \quad \text{Ⓐ} \quad \text{ⓐ}$

F_1 $\text{AA} \quad \text{Aa}$
желтая желтая

Все потомство единообразное с желтыми плодами.

Ответ: вероятность появления растений с белыми плодами равна нулю.

Задача 016. У табака пурпурная окраска венчика цветка **A** доминирует над белой **a**. Скрещиваются растения с пурпурными цветками. Потомство имеет тот же признак. Какова вероятность появления в F_1 гомозиготных растений?

Дано:

A — пурпурная окраска
a — белая окраска
P ♀ пурпур. \times ♂ пурпур.
 F_1 — пурпурные

Вероятность гомозигот
в F_1 — ?

Решение:

1. *Определяем генотипы родительских форм.* Скрещиваемые растения несут доминантный признак. Потомство единообразное с доминантным признаком.

Такое потомство можно получить от скрещивания двух гомозиготных по доминантному признаку растений или растений, одно из которых гомозиготно по доминантному признаку, а другое гетерозиготно. Поэтому рассматриваем два варианта скрещивания: ♀ AA × ♂ AA и ♀ AA × ♂ Aa.

2. *Записываем схемы скрещиваний.*

P	♀ AA × ♂ AA	♀ AA × ♂ Aa
	пурпур. пурпур.	пурпур. пурпур.

3. *Определяем типы гамет скрещиваемых растений.*

P	♀ AA × ♂ AA	♀ AA × ♂ Aa
	пурпур. пурпур.	пурпур. пурпур.

Типы гамет (A) (A) (A) (A) (a)

4. *Получаем потомков F₁.*

P	♀ AA × ♂ AA	♀ AA × ♂ Aa
	пурпур. пурпур.	пурпур. пурпур.

Типы гамет (A) (A) (A) (A) (a)

F ₁	AA	AA Aa
	пурпур.	пурпур. пурпур.

5. *Проводим анализ скрещивания.* В первом скрещивании все потомство единообразное и по генотипу, и по фенотипу, во втором — по фенотипу единообразное, по генотипу произошло расщепление: 1(AA) : 1(Aa).

Краткая запись решения задачи:

P и F₁ с доминантным признаком. Получить такое F₁ можно двумя способами: ♀ AA × ♂ AA и ♀ AA × ♂ Aa.

P	♀ AA × ♂ AA	♀ AA × ♂ Aa
	пурпур. пурпур.	пурпур. пурпур.

Типы гамет (A) (A) (A) (A) (a)

F ₁	AA	AA Aa
	пурпур.	пурпур. пурпур.
	100 %	50% 50%

Ответ: возможны два варианта:

- 1) P ♀ AA × ♂ AA, гомозиготное F₁ — 100%;
- 2) P ♀ AA × ♂ Aa, гомозиготное F₁ — 50%.

8. *Анализируем потомство от брака.*
 50% потомства с нормальной пигментацией,
 50% — альбиносов.

Краткая запись решения задачи:

A — нормальная пигментация, **a** — альбинизм.

P ♀ альбинос × ♂ норма

F₁ 1 нормальный, 1 альбинос

В F₁ расщепление, ♀ несет рецессивный признак, ее генотип — **aa** ⇒ генотип ♂ — **Aa**.

P	♀ aa × ♂ Aa
	альбинос норма
Типы гамет	ⓐ ⓐ A ⓐ
F ₁	aa Aa
	альбинос норма
	50% 50%

Ответ: вероятность рождения третьего здорового ребенка 50%.

Задача 018. У кур нормальное оперение доминирует над шелковистым. От двух нормальных по фенотипу гетерозигот получено 98 цыплят. Сколько из них ожидается нормальных, сколько шелковистых?

1. *Вводим обозначения генов:*

A — нормальное оперение, **a** — шелковистое оперение.

2. *Определяем генотип скрещиваемых животных.*

Курица и петух — нормальные по фенотипу гетерозиготы. Значит, их генотип **Aa**.

3. *Делаем краткую запись условия задачи и решаем ее.*

Дано:

A — нормальное оперение

a — шелковистое оперение

P — ♀ **Aa** × ♂ **Aa**
 норма норма

F₁ — 98 цыплят

Нормальных, шелковистых — ?

Решение:

4. *Записываем схему скрещивания.*

P ♀ **Aa** × ♂ **Aa**
 норма норма

5. *Определяем типы гамет скрещиваемых особей.*

P $\text{♀ Aa} \times \text{♂ Aa}$
 норма норма

Типы гамет $(A) (a) (A) (a)$

6. Получаем потомков F_1 .

P $\text{♀ Aa} \times \text{♂ Aa}$
 норма норма

Типы гамет $(A) (a) (A) (a)$

F_1 AA Aa Aa aa
 норма норма норма шелков.

7. Анализируем результаты скрещивания. В потомстве произошло расщепление: по генотипу — $1(AA) : 2(Aa) : 1(aa)$, по фенотипу — 3 (с нормальным оперением) : 1 (с шелковистым оперением).

8. Отвечаем на вопрос задачи.

В потомстве образовалось два фенотипических класса в соотношении 3:1. Цыплята с нормальным оперением составляют $3/4$ потомства, с шелковистым — $1/4$. Всего цыплят 98. Вычисляем количество цыплят с нормальным оперением: $98 \cdot 3/4 = 73,5$, или ≈ 74 цыпленка.

Вычисляем количество цыплят с шелковистым оперением: $98 \cdot 1/4 = 24,5$, или ≈ 25 цыплят.

Краткая запись решения задачи:

A — нормальное оперение, a — шелковистое оперение.

P $\text{♀ Aa} \times \text{♂ Aa}$
 норма норма

Типы гамет $(A) (a) (A) (a)$

F_1 AA Aa Aa aa
 норма норма норма шелков.

$1(AA) : 2(Aa) : 1(aa)$

3 (с нормальным оперением) : 1 (с шелковистым оперением)

$98 \cdot 3/4 = 73,5$, или ≈ 74 цыпленка с нормальным оперением

$98 \cdot 1/4 = 24,5$, или ≈ 25 цыплят с шелковистым оперением

Ответ: в F_1 ≈ 74 цыпленка с нормальным оперением и ≈ 25 цыплят с шелковистым оперением.

◆ Задачи для самостоятельного решения

Задача 68. Полидактилия (шестипалость) у человека наследуется как доминантный признак. Мать — шестипалая, отец и сын — пятипалые. Какова вероятность рождения в этой семье: 1) еще одного пятипалого ребенка; 2) шестипалого ребенка?

Задача 69. Мендель скрещивал растения гороха с гладкими и морщинистыми семенами. В F_2 были получены 7324 горошины. Из них 5474 с гладкими семенами и 1850 — морщинистые. Какова вероятность появления гладкосеменных растений, полученных в результате анализирующего скрещивания растений F_2 с гладкими семенами?

Задача 70. У одной из форм огурцов цветки не открывающиеся, но их можно открыть для искусственного опыления. Скрещивались растение с закрытыми цветками и растение с открытыми цветками. В F_1 все цветки открытые. Какова вероятность появления растений с закрытыми цветками, полученных в результате возвратного скрещивания гибридов F_1 с обеими родительскими формами?

Задача 71. При скрещивании гомозиготного растения гречихи с неограниченным ростом с гомозиготным растением, имеющим ограниченный тип роста, в F_1 получили 125 растений с неограниченным типом роста. Какова вероятность появления гомозиготных растений гречихи с неограниченным ростом в F_2 ?

Задача 72. Скрещивали сорта люпина Немчиновский 846 (генотип $NrNr$ и плоды — бобы растрескивающиеся) и Уникроп (генотип $nrnr$ и нерастрескивающиеся бобы). Какова вероятность получения растений с нерастрескивающимися плодами от возвратного скрещивания гибридов F_2 с растением из F_1 , имеющим растрескивающиеся плоды?

Задача 73. Черный каракульский баран скрещен с бурыми овцематками. В F_1 получено 28 ягнят черных и 32 бурых. В родословной овцематок черной масти не было. Какова вероятность получения ягнят бурого цвета от возвратного скрещивания черной овцематки F_1 ?

Задача 74. Эндосперм и пыльца нормальных растений кукурузы при действии йода окрашиваются в синий цвет, а восковидных (рецессивный ген a) — в красный. Кукуруза — ветроопыляемое растение. Какова вероятность того, что семена и пыльцевые зерна полученных гибридов будут окрашиваться в синий цвет, если семена гомозиготных растений из нормальной линии и линии с восковидным эндоспермом посеять рядами — ряд нормальный, ряд восковидный?

Задача 75. У человека фенилкетонурия наследуется как рецессивный признак. Определите вероятность развития заболевания у детей в семье, где оба родителя гетерозиготны по данному признаку.

Задача 76. У человека ген, вызывающий одну из форм наследственной глухоноты, рецессивен по отношению к гену нормального слуха. Какова вероятность рождения детей с нормальным слухом от брака двух глухонемых родителей?

Задача 77. У фасоли черная окраска семенной кожуры доминирует над белой. При самоопылении черносеменного растения получили $3/4$ черносеменных и $1/4$ белосеменных растений. Какова вероятность получения белосеменных растений от возвратного скрещивания растения F_1 , имеющего белые семена?

Задача 78. От скрещивания комолого быка айширской породы с рогатыми коровами в F_1 получили 18 телят (все комолые), в F_2 — 95. Каково количество комолых телят в F_2 ?

Задача 79. Томаты, полученные от гибридизации растений с грушевидными и шаровидными плодами, имели только шаровидные плоды. Второе поколение томатов, выросшее из семян, извлеченных из шаровидных плодов, имело 1780 растений с шаровидными плодами и 603 с грушевидными. Сколько растений F_2 из 1780 с шаровидными плодами были гетерозиготными?

Задача 80. Скрещивались мыши серые с белыми. В F_1 появились серые мыши, в F_2 — 199 серых и 70 белых. Какое количество мышей F_2 будет давать нерасщепляющееся потомство?

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 (теоретически ожидаемое расщепление 3 линейных : 1 чешуйчатый). Это связано с тем, что гомозиготные по доминантной аллели формы гибнут на эмбриональной стадии развития. Гены, вызывающие нарушения в развитии организма и приводящие к его гибели, называют **летальными**. Гибель организма происходит на ранних этапах индивидуального развития, чаще всего на стадии зиготы. **Сублетальные** (полулетальные) 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 менделевского.

✧ Пример решения задачи

Задача 019. Хохлатые утки гетерозиготны по гену **A**, который в гомозиготном состоянии вызывает гибель эмбрио-

нов. Рecessивная аллель этого гена обуславливает нормальное развитие признака. От скрещивания хохлатых уток и селезней было получено 38 утят.

- 1) Сколько типов гамет может образовать хохлатая утка?
- 2) Сколько утят не вылупились из яиц?
- 3) Сколько утят, полученных в этом скрещивании, могли быть хохлатыми?
- 4) Сколько всего нужно было положить яиц в инкубатор, чтобы получить 38 утят?

Дано:

A — наличие хохла

a — отсутствие хохла

AA — гибель эмбриона

P ♀ **Aa** × ♂ **Aa**
хохл. хохл.

F₁ — 38 утят

- 1) Типы гамет хохлатой утки — ?
- 2) Сколько утят погибли — ?
- 3) Сколько утят хохлатых — ?
- 4) Сколько нужно яиц, чтобы получить 38 утят?

Решение:

1. *Записываем схему скрещивания.*

P ♀ **Aa** × ♂ **Aa**
хохл. хохл.

2. *Определяем типы гамет скрещиваемых особей.*

P ♀ **Aa** × ♂ **Aa**
хохл. хохл.

Типы гамет (A) (a) (A) (a)

3. *Получаем потомков F₁, определяем их генотипы и фенотипы.*

P ♀ **Aa** × ♂ **Aa**
хохл. хохл.

Типы гамет (A) (a) (A) (a)

F₁ AA Aa Aa aa
гибель хохл. хохл. без хохла

4. *Анализируем результаты скрещивания.* В потомстве теоретически ожидается расщепление: по генотипу — 1(AA) : 2(Aa) : 1(aa), по фенотипу — 3(хохлатые) : 1(нормальные). Но поскольку гомозиготы AA погибают на эмбриональной стадии развития, фактически полученное расщепление: по генотипу — 2(Aa) : 1(aa), по фенотипу — 2(хохлатые) : 1(нормальные).

5. *Отвечаем на вопросы задачи.*

- 1) Генотип хохлатой утки Aa , поэтому она образует 2 типа гамет.
- 2) Вылупилось 38 утят. Это три части от теоретически ожидаемых четырех. Погибшие утята составляют 1 часть. Вычисляем, сколько утят приходится на 1 часть. $38 : 3 = 12,7$, или ≈ 13 утят.
Таким образом, не вылупилось из яиц ≈ 13 утят.
- 3) Хохлатые утята составляют $2/3$ от числа вылупившихся. На 1 часть приходится ≈ 13 утят. Значит, хохлатых утят: $13 \cdot 2 \approx 26$ утят.
- 4) Чтобы определить, сколько нужно было положить яиц в инкубатор, чтобы получить 38 утят, складываем количество вылупившихся и погибших утят:
 $38 + 13 \approx 51$ яйцо.

Таким образом, в инкубатор нужно было положить ≈ 51 яйцо, чтобы получить 38 утят.

Краткая запись решения задачи:

P	$\text{♀ } Aa$	\times	$\text{♂ } Aa$
	хохл.		хохл.
Типы гамет	\textcircled{A}	\textcircled{a}	\textcircled{A} \textcircled{a}
F_1	AA	Aa	Aa aa
	гибель	хохл.	хохл. без хохла

Теоретически ожидаемое расщепление: по генотипу — $1(AA) : 2(Aa) : 1(aa)$, по фенотипу — 3 (хохлатые) : 1 (нормальные). Фактически полученное расщепление: по генотипу — $2(Aa) : 1(aa)$, по фенотипу — 2 (хохлатые) : 1 (нормальные).

- 1) $\text{♀ } Aa \Rightarrow 2$ типа гамет.
- 2) $38 : 3 = 12,7$ или ≈ 13 утят погибли.
- 3) $13 \cdot 2 \approx 26$ утят хохлатых.
- 4) $38 + 13 \approx 51$ яйцо нужно положить в инкубатор, чтобы получить 38 утят.

Ответ: 1) 2; 2) ≈ 13 ; 3) ≈ 26 ; 4) ≈ 51 .

✦ Задачи для самостоятельного решения

Задача 81. 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.

- 1) Сколько типов гамет может образовать гетерозиготное растение?
- 2) Сколько растений могло погибнуть в фазе всходов?
- 3) Сколько плодоносящих растений могут дать нерасщепляющееся потомство?
- 4) При скрещивании гетерозиготного растения с гомозиготным зеленым получили 122 растения. Сколько из них могут быть гетерозиготными?
- 5) Сколько растений при таком скрещивании могут иметь зеленую окраску листьев?

Задача 82. 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.

- 1) Сколько типов гамет может образовать серый баран?
- 2) Сколько живых ягнят могут иметь серую окраску меха?
- 3) Сколько может быть получено черных ягнят?
- 4) Сколько будет живых гомозиготных ягнят?
- 5) Сколько может быть мертворожденных ягнят?

Задача 83. У норок 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.

- 1) Сколько типов гамет может образовать серебристо-соболиная норка?
- 2) Сколько щенят могло погибнуть в эмбриональном состоянии?
- 3) Сколько щенят могли быть гетерозиготными?
- 4) Сколько щенят могли иметь серебристо-серую окраску?
- 5) Сколько разных генотипов имели живые щенята?

Задача 84. У разводимых в неволе лисиц доминантный ген обуславливает платиновую окраску, но в гомозиготном состоянии обладает летальным действием (щенята погибают в эмбриональном состоянии). Рецессивная аллель этого гена обуславливает серебристо-серую окраску меха. При скрещивании платиновых лисиц между собой получили 70 живых щенят.

- 1) Сколько типов гамет может образовать платиновая лиса?
- 2) Сколько щенят могло погибнуть в эмбриональном состоянии?
- 3) Сколько разных генотипов может образоваться при таком скрещивании?
- 4) Сколько щенят могут иметь серебристо-серую масть?
- 5) Сколько щенят могут иметь платиновую масть?

Задача 85. Лисицы генотипа **Pp** имеют платиновую окраску, **pp** — 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?

Задача 86. Мыши генотипа **уу** — серые, **Уу** — желтые, **УУ** — гибнут на эмбриональной стадии развития. Каким будет потомство от скрещиваний: 1) ♀ желтая × ♂ серый; 2) ♀ желтая × ♂ желтый? 3) В каком скрещивании можно ожидать более многочисленного помета?

Задача 87. Хохлатые утки гетерозиготны по гену **A**, который в гомозиготном состоянии вызывает гибель эмбрионов. Рецессивная аллель этого гена обуславливает нор-

мальное развитие признака. При скрещивании между собой хохлатых уток утята выводятся только из $3/4$ яиц, а $1/4$ гибнет перед вылуплением. Среди вылупившихся утят примерно $2/3$ хохлатых и $1/3$ нормальных. Каково будет потомство от скрещивания хохлатых уток с нормальными?

Задача 88. У мексиканского дога ген, вызывающий отсутствие шерсти, в гомозиготном состоянии ведет к гибели потомства. При скрещивании двух догов с нормальными фенотипами некоторая часть потомства погибла. При скрещивании того же самца с другой самкой гибели в потомстве не было. Однако при скрещивании потомков от этих двух скрещиваний опять наблюдалась гибель щенков. Определите возможные генотипы всех скрещиваемых особей и потомства.

ДИГИБРИДНОЕ СКРЕЩИВАНИЕ

Дигибридным называют скрещивание, при котором анализируется наследование двух пар альтернативных признаков.

Скрещивая растение с желтыми и гладкими семенами (доминантные признаки) с растением с зелеными и морщинистыми семенами (рецессивные признаки), Мендель получил единообразное гибридное поколение F_1 с желтыми и гладкими семенами.

Анализируя полученное потомство, Мендель обратил внимание на то, что, наряду с сочетаниями признаков исходных сортов (желтые гладкие и зеленые морщинистые семена), при дигибридном скрещивании появляются и новые сочетания признаков (желтые морщинистые и зеленые гладкие семена), причем *расщепление по каждому отдельно взятому признаку соответствовало расщеплению при моногибридном скрещивании*. Зависит ли расщепление одной пары признаков (гладкие и морщинистые семена) от расщепления другой пары (желтая окраска семян и зеленая) или эти пары тесно связаны между собой?

Анализ количественных соотношений групп гибридов F_2 , имеющих определенное сочетание признаков, привел к та-

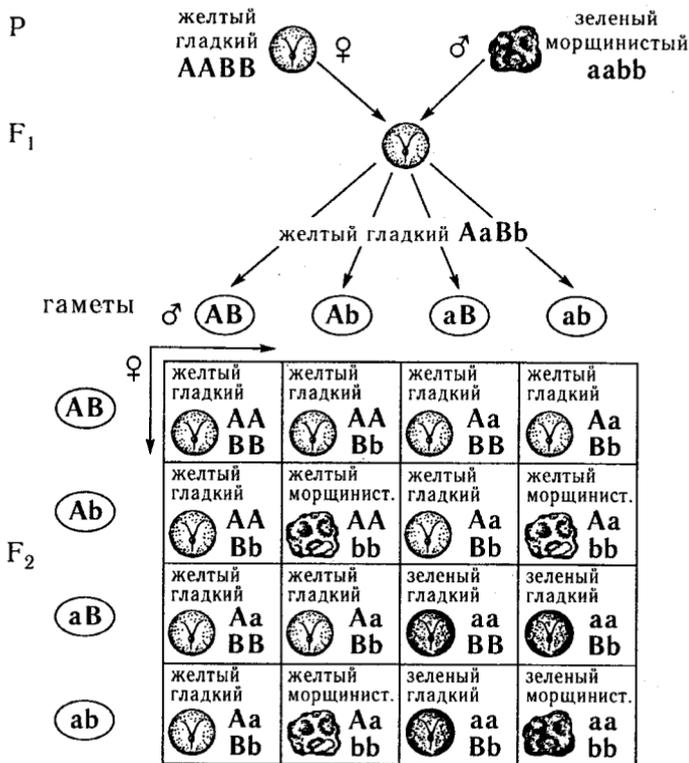


Рис. 2. Дигибридное скрещивание растений гороха с желтыми гладкими и зелеными морщинистыми семенами.

кому заключению: расщепление по фенотипу при скрещивании дигетерозигот происходит в соотношении 9:3:3:1:

- 9/16 растений F₂ обладали обоими доминантными признаками (гладкие желтые семена);
- 3/16 были желтыми (доминантный) и морщинистыми (рецессивный);
- 3/16 были зелеными (рецессивный) и гладкими (доминантный);
- 1/16 растений F₂ обладали обоими рецессивными признаками (морщинистые семена зеленого цвета).

Мендель пришел к выводу, что расщепление по одной паре признаков не связано с расщеплением по другой паре. Для семян гибридов характерны не только сочетания признаков родительских растений (желтое гладкое семя и зеле-

ное морщинистое семя), но и возникновение новых комбинаций признаков (желтое морщинистое семя и зеленое гладкое семя).

Проведенное исследование позволило сформулировать **закон независимого комбинирования генов** (третий закон Менделя): *при скрещивании гетерозиготных особей, отличающихся друг от друга по двум (и более) парам альтернативных признаков, гены и соответствующие им признаки наследуются независимо друг от друга в соотношении 3:1 и комбинируются во всех возможных сочетаниях.*

◆ Вопросы и задания для самоконтроля

1. Какое скрещивание называют дигибридным?
2. Наследование какого количества признаков организма анализируется при дигибридном скрещивании?
3. Какое количество пар хромосом несут гены, отвечающие за развитие признаков, наследование которых анализируется при дигибридном скрещивании?
4. Что лежит в основе равновероятного образования четырех типов гамет у дигетерозиготного организма?
5. Сколько типов гамет образует особь, имеющая генотип **ААВВ, АаВв, АаВВ**?
6. Какие гаметы образует особь, имеющая генотип **ВВСс, ВвСс, bbCc**?
7. Сколько типов гамет образует особь:
 - а) гомозиготная и по первому, и по второму признаку;
 - б) гомозиготная по первому и гетерозиготная по второму признаку;
 - в) дигетерозиготная?
8. Сколько разных фенотипов может иметь особь:
 - а) гомозиготная и по первому, и по второму признаку;
 - б) гомозиготная по первому и гетерозиготная по второму признаку;
 - в) дигетерозиготная?
9. У человека карий цвет глаз и темные волосы — доминантные признаки, голубой цвет глаз и светлые волосы — рецессивные. Какие гаметы могут образоваться у:

- а) гетерозиготного кареглазого мужчины со светлыми волосами;
- б) голубоглазой светловолосой женщины;
- в) дигетерозиготного кареглазого темноволосого мужчины?
10. Дайте формулировку третьего закона Менделя.
11. Каковы цитологические основы третьего закона Менделя?
12. При каком условии выполняется третий закон Менделя?
13. Можно ли при дигибридном скрещивании по фенотипу особи определить ее генотип? Почему?
14. Какова формула расщепления гибридов F_2 по фенотипу и генотипу при дигибридном скрещивании?
15. Пользуясь гипотезой чистоты гамет, объясните расщепление гибридов F_2 по фенотипу и генотипу при дигибридном скрещивании.
16. Заполните таблицу.

Генотипы скрещиваемых особей	Гаметы скрещиваемых особей		Соотношение генотипов в потомстве	Соотношение фенотипов в потомстве
	первый родитель	второй родитель		
1	2	3	4	5
AABB × AABB				
AABB × AABb				
AABB × AAbb				
AABB × AaBB				
AABB × AaBb				
AABB × Aabb				
AABB × aaBB				
AABB × aaBb				
AABB × aabb				
AABb × AABB				
AABb × AAbb				
AABb × AaBB				
AABb × AaBb				

1	2	3	4	5
AABb × Aabb				
AABb × aaBB				
AABb × aaBb				
AABb × aabb				
AAbb × AAbb				
AAbb × AaBB				
AAbb × AaBb				
AAbb × Aabb				
AAbb × aaBB				
AAbb × aaBb				
AAbb × aabb				
AaBB × AaBB				
AaBB × AaBb				
AaBB × Aabb				
AaBB × aaBB				
AaBB × aaBb				
AaBB × aabb				
AaBb × AaBb				
AaBb × Aabb				
AaBb × aaBB				
AaBb × aaBb				
AaBb × aabb				
Aabb × Aabb				
Aabb × aaBB				
Aabb × aaBb				
Aabb × aabb				
aaBB × aaBB				
aaBB × aaBb				
aaBB × aabb				
aaBb × aaBb				
aaBb × aabb				
aabb × aabb				

17. Сколько генотипических и фенотипических классов образуют гибриды F_2 при дигибридном скрещивании?
18. Выполняется ли первый закон Менделя при дигибридном скрещивании?
19. Докажите, что наследование признаков при дигибридном скрещивании независимо друг от друга.
20. Из вариантов ответов, предложенных к тестовым заданиям, выберите один верный (при ответе на вопрос учтите, что гены локализованы в разных парах гомологичных хромосом).
1. Количество типов гамет, образуемых растением гороха с генотипом **AaBb**:
а) 1 б) 2 в) 3 г) 4
 2. Количество различных типов гамет, образуемых растением тыквы с генотипом **Aabb**:
а) 1 б) 2 в) 3 г) 4
 3. Количество различных типов гамет, образуемых растением фасоли с генотипом **AABb**:
а) 1 б) 2 в) 3 г) 4
 4. Количество различных типов гамет, образуемых растением кукурузы с генотипом **AABB**:
а) 1 б) 2 в) 3 г) 4
 5. Сколько различных типов гамет будет образовывать растение ржи с генотипом **aabb**?
а) 1 б) 2 в) 3 г) 4
 6. Количество различных типов гамет, образуемых растением дурмана с генотипом **aaBb**:
а) 1 б) 2 в) 3 г) 4
 7. Количество различных типов гамет, образуемых растением томата с генотипом **Aabb**:
а) 1 б) 2 в) 3 г) 4
 8. Количество различных типов гамет, образуемых растением капусты с генотипом **AaBB**:
а) 1 б) 2 в) 3 г) 4
 9. Количество различных типов гамет, образуемых растением земляники с генотипом **aaBB**:
а) 1 б) 2 в) 3 г) 4

21. Сколько различных фенотипов ожидается в потомстве, полученном от скрещивания растения фасоли с черной окраской семенной кожуры, желтыми бобами (доминантные признаки) и генотипом **AABb** с растением, имеющим белую семенную кожуру и зеленую окраску бобов?
 а) 1 б) 2 в) 3 г) 4
22. Сколько различных фенотипов ожидается в потомстве, полученном от скрещивания гомозиготного растения фигурной тыквы с белыми шаровидными плодами (доминантные признаки) с растением, имеющим желтые удлиненные плоды?
 а) 1 б) 2 в) 3 г) 4
23. Сколько различных генотипов можно ожидать в потомстве от скрещивания дигетерозиготного растения томата с красными шаровидными плодами (доминантные признаки) с таким же растением?
 а) 1 б) 3 в) 9 г) 16
24. Сколько различных генотипов можно ожидать в потомстве от скрещивания растения томата с красными многокамерными плодами (доминантные признаки) и генотипом **AABb** с растением, имеющим желтые двухкамерные плоды?
 а) 1 б) 2 в) 9 г) 12
25. Сколько различных генотипов можно ожидать в потомстве от скрещивания дигетерозиготного растения томата с гладкими шаровидными плодами с растением, имеющим желтые опушенные плоды?
 а) 1 б) 2 в) 4 г) 9
26. Сколько различных генотипов можно ожидать в потомстве от скрещивания двух гомозиготных растений с удлиненными полосатыми плодами (рецессивные признаки)?
 а) 1 б) 2 в) 9 г) 12
27. Генотип высокорослого растения гороха с пурпурными цветками, если высокорослость (**A**) доминирует над карликовостью (**a**), пурпурная окраска цветка (**B**) — над белой (**b**):
 а) **Aabb** б) **AABb** в) **aabb** г) **aaBb**

28. Генотип высокорослого растения томата с рассеченными листьями, если высокорослость (**A**) доминирует над карликовостью (**a**), рассеченный лист (**B**) — над цельным (**b**):
 а) **Aabb** б) **AABb** в) **aaBb** г) **aabb**
29. Генотип растения флокса с кремовыми воронковидными цветками, если белый цвет венчика (**A**) доминирует над кремовым (**a**), плоская форма венчика (**B**) — над воронковидной (**b**):
 а) **Aabb** б) **AABb** в) **aaBb** г) **aabb**
30. Генотип карликового раннеспелого растения овса, если высокорослость (**A**) доминирует над карликовостью (**a**), раннеспелость (**B**) — над позднеспелостью (**b**):
 а) **Aabb** б) **AABb** в) **aaBb** г) **aabb**
31. Вероятность рождения кареглазого правши, если один родитель — гомозиготный кареглазый правша, а второй — гомозиготный кареглазый левша (карий цвет глаз (**A**) доминирует над голубым (**a**), праворукость (**B**) — над леворукостью (**b**)):
 а) 0% б) 25% в) 50% г) 100%
32. Вероятность рождения голубоглазого темноволосого ребенка, если один родитель — гомозиготный кареглазый темноволосый, а второй — гомозиготный кареглазый светловолосый (карий цвет глаз (**A**) доминирует над голубым (**a**), темный цвет волос (**B**) — над светлым (**b**)):
 а) 0% б) 25% в) 50% г) 100%
33. Вероятность рождения белой вихрастой морской свинки от скрещивания дигетерозиготного черного вихрастого животного с гомозиготным черным гладким (черный цвет шерсти (**A**) доминирует над белым (**a**), вихрастая шерсть (**B**) — над гладкой (**b**)):
 а) 0% б) 25% в) 50% г) 100%
34. 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 (нор-

мальная пигментация (**A**) доминирует над альбинизмом (**a**), волнистые волосы (**B**) — над прямыми (**b**):

а) 0% б) 25% в) 50% г) 100%

35. Каковы генотипы растения дурмана с пурпурными цветками и колючими семенными коробочками, и растения с белыми цветками и гладкими семенными коробочками, если все потомство от их скрещивания имело пурпурные цветки и колючие семенные коробочки (пурпурная окраска цветка (**A**) доминирует над белой (**a**), колючие семенные коробочки (**B**) — над гладкими (**b**))?

а) ♀ **AaBb** × ♂ **aabb**

в) ♀ **AABb** × ♂ **aabb**

б) ♀ **AaBB** × ♂ **aabb**

г) ♀ **AABB** × ♂ **aabb**

36. Какие генотипы имели курица с гороховидным гребнем и оперенными ногами и петух с простым гребнем и голыми ногами, если в потомстве от их скрещивания наблюдается расщепление по генотипу в соотношении 1:1 (гороховидный гребень (**A**) доминирует над простым (**a**), оперенные ноги (**B**) — над неоперенными (**b**))?

а) ♀ **AaBB** × ♂ **AAbb**

в) ♀ **AaBb** × ♂ **AaBb**

б) ♀ **AaBB** × ♂ **aabb**

г) ♀ **AABB** × ♂ **aabb**

37. Какие генотипы имели растение ячменя с остистым двурядным колосом и растение с безостым многорядным колосом, если в потомстве от их скрещивания наблюдается расщепление по фенотипу в соотношении 1:1:1:1 (остистость (**A**) доминирует над безостостью (**a**), двурядность (**B**) — над многорядностью (**b**))?

а) ♀ **AaBb** × ♂ **AAbb**

в) ♀ **AaBb** × ♂ **AaBb**

б) ♀ **AaBB** × ♂ **aabb**

г) ♀ **AaBb** × ♂ **aabb**

38. Какие генотипы имели растения ячменя с остистым плотным колосом, если в потомстве, полученном от их скрещивания, наблюдается расщепление по генотипу в соотношении 9:3:3:1 (остистость (**A**) доминирует над безостостью (**a**), плотность (**B**) — над рыхлостью (**b**))?

- а) ♀ $AaBb \times \sigma AAbb$ в) ♀ $AaBb \times \sigma AaBb$
 б) ♀ $AaBB \times \sigma aabb$ г) ♀ $AaBb \times \sigma aabb$

39. У томатов круглая форма плодов (**A**) доминирует над грушевидной (**a**), красная окраска (**B**) — над желтой (**b**). Растение с круглыми и красными плодами скрещено с растением, имеющим грушевидные и желтые плоды. В потомстве 50% растений имеют круглые и красные плоды, 50% — грушевидные красные. Каковы генотипы родителей?

- а) ♀ $AaBb \times \sigma aabb$ в) ♀ $AABb \times \sigma aabb$
 б) ♀ $AaBB \times \sigma aabb$ г) ♀ $AABB \times \sigma aabb$

40. Сколько пар гомологичных хромосом содержат гены, отвечающие за развитие окраски и формы плодов у фасоли?

- а) 1 б) 2 в) 3 г) 4

Задачи для отработки и закрепления навыков

Задачи на дигибридное скрещивание решаются так же, как и на моногибридное. Но имеется ряд особенностей, связанных с тем, что при дигибридном скрещивании анализируется наследование не одной, а двух пар альтернативных признаков.

Помните, что:

- Согласно третьему закону Менделя, наследование признаков при дигибридном скрещивании независимо друг от друга.
- При написании генотипов одноименные символы, обозначающие гены, пишутся всегда рядом и только в алфавитном порядке.
- Гены, определяющие развитие признаков, находятся в разных парах гомологичных хромосом, поэтому каждая гамета содержит по одному гену из каждой аллельной пары.
- Гомозиготные по обоим признакам организмы всегда образуют один тип гамет.
- Сочетание генов в хромосомах случайно и равновероятно. Поэтому организм, гетерозиготный по одному при-

знаку, образует два типа гамет ($AaBb \rightarrow AB, ab$), а дигетерозиготный организм — четыре типа ($AaBb \rightarrow AB, Ab, aB, ab$). Количество типов гамет, образуемых организмом, вычисляется по формуле 2^n , где n — число генов, находящихся в гетерозиготном состоянии.

- При скрещивании гомозигот соблюдается первый закон Менделя — закон единообразия гибридов первого поколения.
- При скрещивании дигетерозигот в потомстве наблюдается расщепление по фенотипу в соотношении $9:3:3:1$, по генотипу — $1:2:1:2:4:2:1:2:1$, то есть образуется 4 фенотипических и 9 генотипических классов организмов. Поэтому организмы, относящиеся к разным генотипическим классам, могут иметь одинаковый фенотип (например, у гороха желтая окраска семян доминирует над зеленой, гладкая форма семян — над морщинистой). При скрещивании гомозиготных растений, одно из которых имеет желтые гладкие семена, а другое — зеленые морщинистые, особи с генотипами $AABB, AABb, AaBB, AaBb$ будут иметь желтые гладкие семена, $AAbb, Aabb$ — желтые морщинистые, $aaBB, aaBb$ — зеленые гладкие, $aabb$ — зеленые морщинистые. Для определения генотипов и фенотипов F_2 пользуйтесь решеткой Пеннета.
- При анализирующем скрещивании дигетерозигот образуется четыре генотипических класса в соотношении $1:1:1:1$ и два фенотипических класса в соотношении $1:1$.
- Расщепление потомства F_2 по каждому отдельно взятому признаку независимо друг от друга и подчиняется второму закону Менделя (по каждому признаку отдельно возникают два фенотипических класса в соотношении $3:1$). Поэтому можно анализировать наследование одного признака, не обращая внимание на другой, то есть дважды решается задача на моногибридное скрещивание.

✧ Пример решения задачи

Задача 020. У гороха желтая окраска семян A доминантна по отношению к зеленой a , а гладкая форма

семян **B** — по отношению к морщинистой **b**. От скрещивания гомозиготных растения, имеющего желтые гладкие семена, и растения с зелеными морщинистыми семенами в F_1 получено 115 семян, в F_2 — 1717.

- 1) Сколько разных генотипов в F_1 ?
- 2) Сколько типов гамет образуют растения F_1 ?
- 3) Сколько растений F_2 с желтыми гладкими семенами?
- 4) Сколько растений F_2 с зелеными гладкими семенами?
- 5) Сколько фенотипов в F_2 ?

Дано:

A — желтая окраска
a — зеленая окраска
B — гладкие
b — морщинистые
P — ♀ **AABB** × ♂ **aabb**
 желт. глад. зелен. морщ.
 F_1 — 115 растений
 F_2 — 1717 растений

- 1) Сколько разных генотипов в F_1 ?
- 2) Сколько типов гамет образуют растения F_1 ?
- 3) Сколько растений F_2 с желтыми гладкими семенами?
- 4) Сколько растений F_2 с зелеными гладкими семенами?
- 5) Сколько фенотипов в F_2 ?

Решение:

1. *Записываем схему скрещивания.*

P ♀ **AABB** × ♂ **aabb**
 желт. глад. зелен. морщ.

2. *Определяем типы гамет скрещиваемых особей.*

P ♀ **AABB** × ♂ **aabb**
 желт. глад. зелен. морщ.

Типы гамет **(AB)** **(ab)**

3. *Определяем генотипы и фенотипы потомков F_1 .*

P ♀ **AABB** × ♂ **aabb**
 желт. глад. зелен. морщ.

Типы гамет **(AB)** **(ab)**

F_1 **AaBb**
 желт. глад.

Все потомство F_1 единообразное — с желтыми гладкими семенами.

4. *Записываем скрещивание потомков F_1 .*

♀ **AaBb** × ♂ **AaBb**
 желт. глад. желт. глад.

5. *Определяем типы гамет.* Потомки F_1 дигетерозиготны, поэтому они образуют по четыре типа гамет.

♀ **AaBb** × ♂ **AaBb**
 желт. глад. желт. глад.

Типы гамет

(**AB**) (**Ab**) (**AB**) (**Ab**)
 (**aB**) (**ab**) (**aB**) (**ab**)

6. Получаем потомков F_2 , используя решетку Пеннета.

♀ **AaBb** × ♂ **AaBb**
 желт. глад. желт. глад.

Типы гамет

(**AB**) (**Ab**) (**AB**) (**Ab**)
 (**aB**) (**ab**) (**aB**) (**ab**)

Гаметы		♀ ♂	AB	Ab	aB	ab
		F_1	AB	AABB желт. глад.	AABb желт. глад.	AaBB желт. глад.
F_2	Ab	AABb желт. глад.	AAbb желт. морщ.	AaBb желт. глад.	Aabb желт. морщ.	
	aB	AaBB желт. глад.	AaBb желт. глад.	aaBB зел. глад.	aaBb зел. глад.	
	ab	AaBb желт. глад.	Aabb желт. морщ.	aaBb зел. глад.	aabb зел. морщ.	

7. Проводим анализ скрещивания.

В F_2 произошло расщепление: по генотипу — 1(**AABB**) : 2(**AABb**) : 1(**Aabb**) : 2(**AaBB**) : 4(**AaBb**) : 2(**Aabb**) : 1(**aaBB**) : 2(**aaBb**) : 1(**aabb**); по фенотипу — 9 (желтые гладкие) : 3 (желтые морщинистые) : 3 (зеленые гладкие) : 1 (зеленые морщинистые).

8. Отвечаем на вопросы задачи.

- 1) Количество разных генотипов в F_1 — 1.
- 2) Количество типов гамет растений F_1 — 4.
- 3) Желтые гладкосеменные растения составляют $9/16 F_2$, поэтому их количество $1717 \cdot 9/16 = 965,8$, или ≈ 966 растений.

- 4) Зеленые гладкосеменные растения составляют $3/16 F_2$, поэтому их количество $1717 \cdot 3/16 = 321,9$, или ≈ 322 растения.
- 5) В F_2 произошло расщепление по фенотипу — $9:3:3:1$, то есть в F_2 четыре фенотипа.

Краткая запись решения задачи:

P $\quad \quad \quad \text{♀ AABV} \times \text{♂ aabb}$
 желт. глад. зелен. морщ.

Типы гамет $\quad \quad \quad \text{ⓐB} \quad \quad \quad \text{ⓐb}$
 $F_1 \quad \quad \quad \text{AaBb}$
 желт. глад.
 100%

Типы гамет $\quad \quad \quad \text{♀ AaBb} \times \text{♂ AaBb}$
 желт. глад. желт. глад.

$\text{ⓐB} \quad \text{ⓐb} \quad \text{ⓐB} \quad \text{ⓐb}$
 $\text{ⓐB} \quad \text{ⓐb} \quad \text{ⓐB} \quad \text{ⓐb}$

Гаметы	♀ \ ♂	AB	Ab	aB	ab
	AB	AABV желт. глад.	AABb желт. глад.	AaBV желт. глад.	AaBb желт. глад.
F_2	Ab	AABb желт. глад.	AAbb желт. морщ.	AaBb желт. глад.	Aabb желт. морщ.
	aB	AaBV желт. глад.	AaBb желт. глад.	aaBV зел. глад.	aaBb зел. глад.
	ab	AaBb желт. глад.	Aabb желт. морщ.	aaBb зел. глад.	aabb зел. морщ.

В F_2 произошло расщепление: по генотипу — $1(AABV) : 2(AABb) : 1(Aabb) : 2(AaBV) : 4(AaBb) : 2(Aabb) : 1(aaBV) : 2(aaBb) : 1(aabb)$; по фенотипу — 9 (желтые гладкие) : 3 (желтые морщинистые) : 3 (зеленые гладкие) : 1 (зеленые морщинистые).

- 1) Количество разных генотипов в F_1 — 1 .
- 2) Количество типов гамет растений F_1 — 4 .

- 3) Желтые гладкосеменные растения составляют $9/16 F_2$, поэтому их количество $1717 \cdot 9/16 = 965,8$ или ≈ 966 растений.
- 4) Зеленые гладкосеменные растения составляют $3/16 F_2$, поэтому их количество $1717 \cdot 3/16 = 321,9$ или ≈ 322 растения.
- 5) В F_2 произошло расщепление по фенотипу — $9:3:3:1$, то есть в F_2 четыре фенотипа.

Ответ: 1) 1; 2) 4; 3) ≈ 966 ; 4) ≈ 322 ; 5) 4.

◆ Задачи для самостоятельного решения

Задача 89. У гороха высокий рост доминирует над низким, пурпурная окраска цветков — над белой. Гомозиготное высокорослое растение с белыми цветками скрестили с гомозиготным низкорослым растением, имеющим пурпурные цветки. В F_1 получили 126 высокорослых растений с пурпурными цветками, в F_2 — 1722.

- 1) Сколько фенотипов у растений F_1 ?
- 2) Сколько растений F_2 могут быть гомозиготными?
- 3) Сколько разных фенотипов может быть в F_2 ?
- 4) Сколько растений в F_2 могут иметь высокий рост и белые цветки и давать расщепляющееся потомство?
- 5) Сколько растений F_2 могут иметь низкий рост и пурпурные цветки?

Задача 90. У ячменя двурядный плотный колос — доминантные признаки, многорядный рыхлый — рецессивные. От скрещивания двурядного рыхлоколосого сорта с многорядным плотноколосым в F_1 получили 122 растения (имели двурядный плотный колос), в F_2 — 1140.

- 1) Сколько типов гамет могут образовать растения F_1 ?
- 2) Сколько растений F_2 могут иметь многорядный рыхлый колос?
- 3) Сколько разных фенотипов может быть в F_2 ?
- 4) Сколько разных генотипов может быть в F_2 ?
- 5) Сколько растений F_2 могут иметь многорядный плотный колос?

Задача 91. Нормальный рост у кукурузы доминирует над карликовостью, устойчивость к гельминтоспориозу — над восприимчивостью. Растение F_1 , имеющее нормальный рост и устойчивое к гельминтоспориозу, было опылено пылью растения, имеющего оба признака в рецессивном состоянии. В F_2 получили 493 растения.

- 1) Сколько типов гамет может образовать материнское растение F_1 ?
- 2) Сколько разных фенотипов могут иметь растения F_1 ?
- 3) Сколько растений F_2 могут быть устойчивыми к гельминтоспориозу?
- 4) Сколько растений F_2 могут быть устойчивыми к гельминтоспориозу и иметь нормальную высоту?
- 5) Сколько разных генотипов может образоваться в F_2 ?

Задача 92. У ячменя остистость колоса доминантна по отношению к безостости, устойчивость к головне — к восприимчивости. Скрещивали безостый, устойчивый к головне сорт с сортом остистым, восприимчивым к головне. В F_1 получили 112 растений, в F_2 — 1174.

- 1) Сколько типов гамет может образовать растение F_1 ?
- 2) Сколько разных генотипов могут иметь растения F_2 ?
- 3) Сколько гомозиготных растений с доминантными признаками может быть в F_2 ?
- 4) Сколько растений F_2 могут быть устойчивыми к головне?
- 5) Сколько растений F_2 могут иметь остистый колос и будут восприимчивыми к головне?

Задача 93. У дурмана пурпурная окраска цветков доминирует над белой, а колючие семенные коробочки — над гладкими. В F_1 получили 145 растений, в F_2 — 2199 растений.

- 1) Сколько растений F_1 могут быть гетерозиготными?
- 2) Сколько типов гамет может образовать растение F_1 ?
- 3) Сколько разных генотипов может образоваться в F_2 ?
- 4) Сколько растений F_2 могут иметь пурпурную окраску цветков и гладкие коробочки?
- 5) Сколько растений могут иметь белую окраску цветков в F_2 ?

Задача 94. У томата высокий стебель доминирует над низким, многокамерный плод — над двухкамерным. Скрещивали гомозиготные растения, одно из которых имело доминантные, а другое — рецессивные признаки. Растение с высоким стеблем и двухкамерными плодами скрестили с растением, имеющим низкий стебель и многокамерные плоды. В F_1 получили 122 растения (все имели высокий рост и многокамерные плоды), в F_2 — 1240 растений.

- 1) Сколько растений F_1 могут быть гетерозиготными?
- 2) Сколько типов гамет может образовать растение F_1 ?
- 3) Сколько разных фенотипов могут иметь растения F_2 ?
- 4) Сколько растений F_2 могут давать расщепляющееся потомство?
- 5) Сколько растений F_2 могут иметь низкий стебель и двухкамерные плоды?

Задача 95. 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 F_1 получили 120 растений, в F_2 — 966.

- 1) Сколько фенотипов могут иметь растения F_1 ?
- 2) Сколько растений F_1 будут гетерозиготными?
- 3) Сколько разных фенотипов могут иметь растения F_2 ?
- 4) Сколько дигетерозиготных растений может быть в F_2 ?
- 5) Сколько растений в F_2 могут иметь полосатую окраску и удлинённую форму плодов?

Задача 96. У табака доминантные признаки — устойчивость к мучнистой росе и устойчивость к корневой гнили, рецессивные — восприимчивость к этим заболеваниям. От скрещивания растений сорта, устойчивого к мучнистой росе и восприимчивого к корневой гнили, с сортом, восприимчивым к мучнистой росе и устойчивым к корневой гнили, в F_1 получено 116 растений, в F_2 — 1111.

- 1) Сколько растений F_1 могут быть устойчивыми к мучнистой росе и корневой гнили?
- 2) Сколько типов гамет может образовать растение F_1 ?

- 3) Сколько растений F_2 могут быть устойчивыми к мучнистой росе и корневой гнили и дать нерасщепляющееся потомство?
- 4) Сколько разных фенотипов может образоваться в F_2 ?
- 5) Сколько растений F_2 могут быть устойчивыми к мучнистой росе и восприимчивыми к корневой гнили?

Задача 97. У флоксов белая окраска и плоская форма венчика доминируют над кремовой окраской и воронковидной формой. Скрещивали растения сорта, имеющего белый венчик плоской формы, с растениями другого сорта, имеющего кремовый венчик воронковидной формы. В F_1 получили 110 растений, в F_2 — 675.

- 1) Сколько растений с кремовыми воронковидными цветками может быть в F_1 ?
- 2) Сколько растений F_1 могут быть гомозиготными по окраске венчика?
- 3) Сколько растений F_2 могут быть гетерозиготными по окраске и гомозиготными по форме венчика?
- 4) Сколько растений F_2 могут иметь белую окраску и плоскую форму венчика?
- 5) Сколько растений в F_2 могут быть дигетерозиготными?

Задача 98. У тыквы белая окраска плодов является доминантной по отношению к желтой, а дисковидная форма плодов доминирует над сферической. От скрещивания гомозиготного растения, имеющего белую окраску и сферическую форму плодов, с гомозиготным, имеющим желтую окраску и дисковидную форму плодов, в F_1 получили 122 растения, в F_2 — 813.

- 1) Сколько разных генотипов могут иметь растения F_1 ?
- 2) Сколько растений F_1 будут иметь желтую окраску и дисковидную форму плода?
- 3) Сколько растений F_2 могут быть двойным рецессивом?
- 4) Сколько растений F_2 могут иметь желтую окраску и сферическую форму плода?
- 5) Сколько разных генотипов может быть в F_2 ?

Задача 99. У кукурузы устойчивость к гельминтоспориозу и ржавчине доминирует над восприимчивостью. Оба признака наследуются независимо. От скрещивания гомозиготной линии, устойчивой к гельминтоспориозу и поражаемой ржавчиной, с гомозиготной линией, восприимчивой к гельминтоспориозу и устойчивой к ржавчине, получили 116 растений F_1 и 1477 — F_2 .

- 1) Сколько типов гамет может образовать растение F_1 ?
- 2) Сколько растений F_1 могли быть устойчивыми к гельминтоспориозу и ржавчине?
- 3) Сколько растений F_2 были устойчивыми к гельминтоспориозу и ржавчине и могли дать расщепляющееся потомство?
- 4) Сколько разных фенотипов имели растения F_2 ?
- 5) Сколько растений F_2 могли быть устойчивыми к ржавчине и гельминтоспориозу?

Задача 100. У фасоли желтый цвет бобов и черный цвет семян — доминантные признаки. Скрещивали гомозиготное растение фасоли, имеющее желтые бобы и черные семена, с растением, имеющим зеленые бобы и белые семена. В F_1 получили 120 растений, в F_2 — 781.

- 1) Сколько типов гамет может образовать растение F_1 ?
- 2) Сколько растений F_1 могут быть гетерозиготными?
- 3) Сколько растений F_2 могут иметь такой же генотип, как и растения F_1 ?
- 4) Сколько разных генотипов могут иметь растения F_2 ?
- 5) Сколько растений F_2 могут иметь желтые бобы и белые семена?

Определение генотипа и фенотипа потомков по генотипу и фенотипу родителей

✧ Примеры решения задач

Задача 021. У гороха желтая окраска семян **A** доминирует над зеленой **a**, а гладкая форма семян **B** над морщини-

стой **b**. Определите внешний вид семян в потомстве от скрещивания ♀ **aaBb** × ♂ **aabb**.

Дано:

A — желтая окраска семян

a — зеленая окраска семян

B — гладкая форма семян

b — морщинистая форма

семян

P — ♀ **aaBb** × ♂ **aabb**

зел. глад. зел. морщ.

Фенотип F_1 — ?

Решение:

1. *Записываем схему скрещивания.*

P ♀ **aaBb** × ♂ **aabb**

зел. глад. зел. морщ.

2. *Определяем типы гамет скрещиваемых особей. Материнская особь гомозиготна по первому признаку и гетерозиготна по второму.*

Поэтому она образует два типа гамет. Отцовская особь гомозиготна и по первому, и по второму признаку. Таким образом, она образует один тип гамет.

P ♀ **aaBb** × ♂ **aabb**

зел. глад. зел. морщ.

Типы гамет

(**aB**) (**ab**)

(**ab**)

3. *Получаем потомков F_1 .*

P ♀ **aaBb** × ♂ **aabb**

зел. глад. зел. морщ.

Типы гамет

(**aB**) (**ab**)

(**ab**)

F_1

aaBb

aabb

зел. глад. зел. морщ.

50%

50%

4. *Проводим анализ скрещивания.*

В F_1 произошло расщепление по фенотипу — 1 (зеленые гладкосеменные) : 1 (зеленые морщинистые).

Краткая запись решения задачи:

P ♀ **aaBb** × ♂ **aabb**

зел. глад. зел. морщ.

Типы гамет

(**aB**) (**ab**)

(**ab**)

F_1

aaBb

aabb

зел. глад. зел. морщ.

50%

50%

Ответ: в F_1 50% (или 1/2) растений с зелеными гладкими семенами и 50% (или 1/2) — с зелеными морщинистыми.

Задача 022. У человека карий цвет глаз **K** доминирует над голубым **k**, а способность лучше владеть правой рукой **N** — над леворукостью **n**. Голубоглазый правша, гетерозиготный по второму признаку, женился на кареглазой левше, гетерозиготной по первому признаку. Каких детей можно ожидать от такого брака?

1. *Определяем генотип родителей.* Женщина — кареглазая левша (гетерозиготна по первому признаку и гомозиготна по второму), поэтому ее генотип **Kknn**. Мужчина — голубоглазый правша (гомозиготный по первому и гетерозиготный по второму признаку), значит, его генотип — **kkNn**.

2. *Делаем краткую запись условия задачи и решаем ее.*

Дано:

K — карие глаза

k — голубые глаза

N — праворукость

n — леворукость

P — ♀ **Kknn** × ♂ **kkNn**
кар. лев. гол. прав.

Фенотип F_1 — ?

Решение:

3. *Записываем схему скрещивания.*

P ♀ **Kknn** × ♂ **kkNn**
кар. лев. гол. прав.

4. *Определяем типы гамет родителей.* Так как оба родителя гомозиготны по одному и гетерозиготны по другому признаку, они образуют по два типа гамет.

P ♀ **Kknn** × ♂ **kkNn**
кар. лев. гол. прав.

Типы гамет (Kn) (kn) (kN) (kn)

5. *Получаем потомков F_1 .*

P ♀ **Kknn** × ♂ **kkNn**
кар. лев. гол. прав.

Типы гамет (Kn) (kn) (kN) (kn)

KkNn **Kknn** **kkNn** **kknn**
кар. прав. кар. лев. гол. прав. гол. лев.

6. *Проводим анализ скрещивания.* В F_1 произошло расщепление и по генотипу, и по фенотипу в соотношении 1:1:1:1.

Краткая запись решения задачи:

Р	♀ Kknp	×	♂ kkNn				
	кар. лев.		гол. прав.				
Типы гамет	(Kn) (kn)		(kN) (kn)				
	KkNn	Kknp	kkNn	kknp			
	кар. прав.	кар. лев.	гол. прав.	гол. лев.			
	1	:	1	:	1	:	1

Ответ: в данном браке можно ожидать кареглазых праворуких, кареглазых леворуких, голубоглазых праворуких и голубоглазых леворуких детей в соотношении 1:1:1:1.

★ Задачи для самостоятельного решения

Задача 101. У гороха желтая окраска семян **A** доминирует над зеленой **a**, а гладкая форма семян **B** — над морщинистой **b**. Определите внешний вид семян в потомстве следующих скрещиваний:

- | | |
|---------------------|---------------------|
| 1) ♀ Aabb × ♂ Aabb; | 4) ♀ AAbb × ♂ aabb; |
| 2) ♀ AaBB × ♂ AaBb; | 5) ♀ aaBb × ♂ aaBb; |
| 3) ♀ AABb × ♂ aabb; | 6) ♀ AABb × ♂ AABb. |

Задача 102. У пшеницы безостость **A** доминирует над остистостью **a**, а красная окраска колоса **B** — над белой окраской **b**. Определите внешний вид гибридных колосьев в следующих скрещиваниях:

- | | |
|---------------------|---------------------|
| 1) ♀ AAbb × ♂ aaBB; | 4) ♀ AaBb × ♂ aabb; |
| 2) ♀ AaBb × ♂ Aabb; | 5) ♀ AaBb × ♂ AaBB; |
| 3) ♀ AaBB × ♂ aabb; | 6) ♀ AaBb × ♂ AaBb. |

Задача 103. У морских свинок всклокоченная (розеточная) шерсть **B** доминирует над гладкой **b**, а черная окраска **C** — над белой **c**. Определите фенотипы потомства в следующих скрещиваниях:

- | | |
|----------------------------------|----------------------------------|
| 1) ♀ $BbCc \times \sigma bbCc$; | 4) ♀ $BbCc \times \sigma bbcc$; |
| 2) ♀ $BbCc \times \sigma BbCc$; | 5) ♀ $bbcc \times \sigma bbcc$; |
| 3) ♀ $BBcc \times \sigma bbCC$; | 6) ♀ $BBcc \times \sigma BbCC$. |

Задача 104. У дрозофилы серая окраска тела и нормальные крылья определяются доминантными генами **B** и **V**, а черная окраска тела и зачаточные крылья зависят от рецессивных генов **b** и **v**. Определите внешний вид родителей и их потомства в следующих скрещиваниях:

- | | |
|----------------------------------|----------------------------------|
| 1) ♀ $BBVV \times \sigma Bbv$; | 3) ♀ $BbVv \times \sigma bbvv$; |
| 2) ♀ $BbVv \times \sigma BBVv$; | 4) ♀ $bbVv \times \sigma bbVv$. |

Задача 105. У морских свинок всклокоченная (розеточная) шерсть **B** доминирует над гладкой **b**, а черная окраска **C** — над белой **c**. Гетерозиготная розеточная белая самка скрещена с гетерозиготным розеточным белым самцом. Определите формулу расщепления потомства по генотипу.

Задача 106. 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?

Задача 107. 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 форме плодов и гетерозиготного по окраске плодов?

Задача 108. У ячменя нормальное развитие хлорофилла и пленчатость семян — доминантные признаки, альбинизм и голозерность — рецессивные. Гетерозиготное зеленое голозерное растение скрещено с зеленым растением с пленчатыми семенами, гетерозиготным по второму признаку. Определите генотипы и фенотипы растений F_1 .

Задача 109. Жесткие волосы у человека и наличие веснушек — доминантные признаки, мягкие волосы и отсут-

ствие веснушек — рецессивные. Гетерозиготная женщина с мягкими волосами и веснушками выходит замуж за мужчину с жесткими волосами и без веснушек. Каких детей можно ожидать от этого брака?

Задача 110. Тонкие плоские ногти (А) и голубовато-белый цвет ногтей (В) — доминантные признаки, нормальные (а) обычные (b) ногти — рецессивные. Каких детей можно ожидать от брака женщины с тонкими обычными ногтями и мужчины с нормальными голубовато-белыми ногтями?

Задача 111. Широкие ноздри (А) у человека доминируют над узкими (а), высокая и узкая переносица (В) — над низкой и широкой (b). Какой нос могут иметь дети от брака дигетерозиготной женщины и мужчины с узкими ноздрями и низкой широкой переносицей?

Задача 112. Длинный (А) и широкий (В) подбородок у человека — доминантные признаки, короткий (а) и узкий острый подбородок (b) — рецессивные. Какой подбородок могут иметь дети от брака дигетерозиготной женщины с длинным широким подбородком и мужчины с коротким узким острым подбородком?

Задача 113. У фигурной тыквы белая окраска плодов А доминирует над желтой а, и дисковидная форма В — над шаровидной формой b. Скрещиваются гомозиготные растения, одно из которых имеет белые шаровидные плоды, а другое — желтые дисковидные. Определите генотип и фенотип: 1) гибридов F_1 ; 2) гибридов F_2 ; 3) потомства от возвратного скрещивания гибридов F_1 с материнским растением; 4) потомства от возвратного скрещивания гибридов F_1 с отцовским растением.

Задача 114. Нормальный рост у овса доминирует над гигантизмом, а раннеспелость — над позднеспелостью. Какой фенотип могут иметь гибриды, полученные от скрещивания дигетерозиготного растения с растением, гетерозиготным по первому и гомозиготным по второму признаку?

Задача 115. У дурмана пурпурная окраска цветков доминирует над белой, колючая коробочка — над гладкой. Какое потомство можно ожидать от следующих скрещиваний:

- 1) ♀ гомозиготное растение с пурпурными цветками и колючими коробочками × ♂ гомозиготное растение с белыми цветками и гладкими коробочками;
- 2) ♀ гомозиготное растение с пурпурными цветками и гладкими коробочками × ♂ гомозиготное растение с белыми цветками и гладкими коробочками;
- 3) ♀ гибрид F_1 , полученный от скрещивания № 1 × ♂ гибрид F_1 , полученный от скрещивания № 2?

Задача 116. У томатов красная окраска плодов **R** доминирует над желтой **r**, а высокорослость **H** — над карликовостью **h**. Дигетерозиготное красноплодное высокорослое растение скрещено с желтоплодным карликовым растением. Определите: 1) генотип и фенотип гибридов F_1 ; 2) потомство от анализирующего скрещивания гибридов F_1 .

Задача 117. У капусты устойчивость к мучнистой росе и фузариозной желтухе — доминантные признаки, восприимчивость — рецессивный признак. Гетерозиготное растение, устойчивое к мучнистой росе и восприимчивое к фузариозной желтухе, скрещено с гетерозиготным растением, устойчивым к фузариозной желтухе и восприимчивым к мучнистой росе. Определите: 1) генотип потомства F_1 ; 2) фенотип потомства от анализирующего скрещивания гибридов F_1 .

Задача 118. У человека карий цвет глаз и способность лучше владеть правой рукой наследуются как доминантные признаки. Кареглазый юноша, лучше владеющий правой рукой, гомозиготный по обоим признакам, женится на голубоглазой левше. Определите: 1) какое потомство можно ожидать от этого брака; 2) какой фенотип могут иметь внуки от брака сына с женщиной, имеющей признаки его матери, и дочери с мужчиной, имеющим признаки ее отца.

Определение генотипа и фенотипа родителей по генотипу и фенотипу потомков или расщеплению в потомстве

❖ Примеры решения задач

Задача 023. У фигурной тыквы белая окраска и шаровидная форма плодов — доминантные признаки, желтая окраска и удлинённая форма плодов — рецессивные. При скрещивании тыквы с белыми шаровидными плодами с тыквой, имеющей желтые удлинённые плоды, получены гибриды F_1 с белыми шаровидными плодами. Определите генотипы скрещиваемых особей.

1. Вводим обозначения генов:

A — белая окраска плодов; **a** — желтая окраска плодов;
B — шаровидная форма плодов; **b** — удлинённая форма плодов.

2. Делаем краткую запись условия задачи и решаем ее.

Дано:

A — белая окраска
a — желтая окраска
B — шаровидная форма
b — удлинённая форма
P ♀ белые шаровидные
♂ желтые удлинённые.
 F_1 — белые шаровидные

Генотип **P** — ?

Решение:

3. Определяем генотипы родительских форм. Материнское растение несет доминантные признаки. Это значит, что его генотип содержит хотя бы один доминантный ген в каждой паре аллельных генов. Второй ген может быть как доминантным, так и рецессивным.

Поэтому его генотип запишем в следующем виде — **A_B_**. У отцовского организма фенотипически проявляются рецессивные признаки, поэтому его генотип — **aabb**.

4. Записываем схему скрещивания.

P ♀ **A_B_** × ♂ **aabb**
 бел. шар. желт. удл.

5. Записываем генотип и фенотип потомства. У потомства фенотипически проявляются доминантные признаки,

поэтому в генотипе имеется хотя бы один доминантный ген в каждой паре аллельных генов. Таким образом, генотип потомства — **A_B_**.

P $\text{♀ A_B_} \times \text{♂ aabb}$
 бел. шар. желт. удл.

F₁ **A_B_**
 бел. шар.

6. *Анализируем генотипы родителей и потомства.* Каждая особь F₁ получает по одному гену от каждой родительской особи. От отцовского организма она может получить только рецессивные гены. Поэтому генотип F₁ — **AaBb**. Такое потомство можно получить от скрещивания двух гомозиготных организмов. Отцовский организм гомозиготен по рецессивным признакам, значит, материнский — по доминантным, то есть генотип — **AABB**.

7. *Переписываем схему скрещивания, используя установленные генотипы родительских особей.*

P $\text{♀ AABB} \times \text{♂ aabb}$
 бел. шар. желт. удл.

8. *Определяем типы гамет скрещиваемых особей.*

P $\text{♀ AABB} \times \text{♂ aabb}$
 бел. шар. желт. удл.

Типы гамет **(AB)** **(ab)**

9. *Получаем потомков F₁.*

P $\text{♀ AABB} \times \text{♂ aabb}$
 бел. шар. желт. удл.

Типы гамет **(AB)** **(ab)**

F₁ **AaBb**
 бел. шар.
 100%

Краткая запись решения задачи:

A — белая окраска плодов; **a** — желтая окраска плодов;
B — шаровидная форма плодов; **b** — удлинённая форма плодов.

P $\text{♀ A_B_} \times \text{♂ aabb}$
 бел. шар. желт. удл.
 F₁ A_B_
 бел. шар.

Каждая особь F₁ получает по одному гену от каждой родительской особи. У отцовского организма проявляются рецессивные признаки, поэтому его генотип — **aabb**. От отцовского организма особи F₁ могут получить только рецессивные гены. Поэтому генотип F₁ — **AaBb**. Дигетерозиготное потомство можно получить от скрещивания двух гомозиготных организмов. Отцовский организм гомозиготен \Rightarrow генотип $\text{♀} - \text{AABB}$.

P $\text{♀ AABB} \times \text{♂ aabb}$
 бел. шар. желт. удл.
 Типы гамет ⓐB ⓐb
 F₁ **AaBb**
 бел. шар.
 100%

Ответ: генотип P — ♀ AABB , ♂ aabb .

Задача 024. У кур оперенные ноги (**O**) и гороховидный гребень (**N**) — доминантные признаки, отсутствие оперения (**o**) и простой гребень (**n**) — рецессивные. От скрещивания курицы с оперенными ногами и простым гребнем с петухом с простым гребнем, у которого оперение ног отсутствует, получены цыплята с простыми гребнями, у 50% которых ноги оперенные, а у 50% — оперение на ногах отсутствует. Определите генотипы петуха и курицы.

1. *Определяем генотип скрещиваемых особей.* У курицы оперенные ноги (доминантный признак) и простой гребень (рецессивный признак). По первому признаку она может быть как гомозиготной, так и гетерозиготной, то есть **OO** или **Oo**. По второму признаку курица гомозиготна (так как несет рецессивный признак), то есть — **nn**. Поэтому генотип курицы запишем в следующем виде — **O_nn**. Петух несет рецессивные признаки, значит, его генотип — **oopp**.

2. Делаем краткую запись условия задачи и решаем ее.

Дано:

- O** — оперенные ноги
o — отсутствие оперения
N — гороховидный гребень
n — простой гребень
P ♀ простой гребень,
 оперенные ноги
 ♂ простой гребень,
 ноги без оперения
F₁ — 50% простой гребень,
 оперенные ноги
 50% простой гребень,
 ноги без оперения

Решение:

3. Записываем схему скрещивания.

P ♀ **O_{pp}** × ♂ **oopp**
 прост. гр. прост. гр.
 опер. ноги ноги без опер.

4. Анализируем и записываем генотип потомства. 50% потомства имеет оперенные ноги и простой гребень. По первому признаку они могут быть как гомозиготными, так и гетерозиготными.

Генотип **P** — ?

Простой гребень — рецессивный признак, поэтому по второму признаку они гомозиготны, то есть генотип этой части потомства — **O_{pp}**. 50% потомства несет рецессивные признаки. Значит, они гомозиготны. То есть их генотип — **oopp**.

P ♀ **O_{pp}** × ♂ **oopp**
 прост. гр. прост. гр.
 опер. ноги ноги без опер.

F₁ **O_{pp}** **oopp**
 прост. гр. прост. гр.
 опер. ноги ноги без опер.
 50% 50%

5. Анализируем генотип курицы по потомству. В потомстве имеются особи, гомозиготные по рецессивным признакам. Один рецессивный ген они получают от отцовского организма, а второй от материнского. Поэтому по гену оперенности ног курица является гетерозиготной, то есть ее генотип — **Oopp**.

6. Переписываем схему скрещивания, используя установленные генотипы петуха и курицы.

P ♀ **Oopp** × ♂ **oopp**
 прост. гр. прост. гр.
 опер. ноги ноги без опер.

7. Определяем типы гамет скрещиваемых особей.

P ♀ **Oo**pp × ♂ **oo**pp
 прост. гр. прост. гр.
 опер. ноги ноги без опер.

Типы гамет (Oп) (oп) (oп)

8. Получаем потомков F₁.

P ♀ **Oo**pp × ♂ **oo**pp
 прост. гр. прост. гр.
 опер. ноги ноги без опер.

Типы гамет (Oп) (oп) (oп)

F₁ **Oo**pp **oo**pp
 прост. гр. прост. гр.
 опер. ноги ноги без опер.
 50% 50%

Краткая запись решения задачи:

Курица по первому признаку может быть как гомозиготной, так и гетерозиготной, по второму — гомозиготна ⇒ ее генотип — **O_pp**. Петух гомозиготен по рецессивным признакам, значит, его генотип — **oo**pp.

50% F₁ по первому признаку могут быть как гомозиготными, так и гетерозиготными. Поэтому их генотип — **O_pp**.

50% F₁ несет рецессивные признаки ⇒ генотип — **oo**pp.

P ♀ **O_pp** × ♂ **oo**pp
 прост. гр. прост. гр.
 опер. ноги ноги без опер.

F₁ **O_pp** **oo**pp
 прост. гр. прост. гр.
 опер. ноги ноги без опер.
 50% 50%

Один рецессивный ген потомки F₁ получают от отцовского организма, а второй от материнского ⇒ генотип курицы — **Oo**pp.

P ♀ **Oo**pp × ♂ **oo**pp
 прост. гр. прост. гр.
 опер. ноги ноги без опер.

Типы гамет (Oп) (oп) (oп)

F₁

Оопп	оопп
прост. гр.	прост. гр.
опер. ноги	ноги без опер.
50%	50%

Ответ: генотип P — ♀ Оопп, ♂ оопп.

Задача 025. У собак черная окраска шерсти доминирует над коричневой, сплошная окраска — над пегой. В результате анализирующего скрещивания черной самки получено потомство, состоящее из черных, коричневых, черно-пегих и коричнево-пегих щенков в соотношении 1:1:1:1. Определите генотип самки.

1. Вводим обозначения генов:

A — черная окраска, a — коричневая окраска;

B — сплошная окраска, b — пегая окраска.

2. Определяем генотип скрещиваемых особей.

Скрещивание анализирующее. Значит, самец гомозиготен по рецессивным признакам, то есть его генотип — aabb.

Самка несет доминантные признаки. Значит, в ее генотипе содержится хотя бы по одному доминантному гену из каждой пары аллельных генов. Ее генотип — A_B_.

3. Кратко записываем условие задачи и решаем ее.

Дано:

A — черная окраска
a — коричневая окраска
B — сплошная окраска
b — пегая окраска
P — ♀ черная
♂ коричнево-пегий
F₁ — 25% черных
25% коричневых
25% черно-пегих
25% коричнево-пегих

Генотип ♀ — ?

Решение:

4. Записываем схему скрещивания.

P ♀ A_B_ × ♂ aabb
 черная кор.-пегий

5. Анализируем и записываем генотип потомства.

Черно-пегие несут доминантные признаки, поэтому могут быть как гомо-, так и гетерозиготными. Их генотип — A_B_.

Коричневые по первому признаку гомозиготны (так как он рецессивный), по второму могут быть как гомо-, так и гетерозиготными. Их генотип — $aaB_$.

Черно-пегие по первому признаку могут быть как гомо-, так и гетерозиготными, а по второму гомозиготны (рецессивный признак). Их генотип — A_bb .

Коричнево-пегие несут рецессивные признаки. Их генотип — $aabb$.

P		♀ $A_B_$	×	♂ $aabb$	
		черная		кор.-пегий	
F ₁	$A_B_$	A_bb	$aaB_$	$aabb$	
	черные	черно-пегие	коричневые	коричнево-пегие	
	25%	25%	25%	25%	

6. Определяем генотип самки.

1 способ (по формуле расщепления).

При анализирующем скрещивании расщепление в соотношении 1:1:1:1 наблюдается в том случае, если особь, подвергающаяся анализу, дигетерозиготна.

2 способ.

Потомство получает один ген из каждой аллельной пары от отца и один ген — от матери. В потомстве имеются особи, гомозиготные по рецессивным признакам. Один рецессивный ген они получили от отца, второй — от матери. Следовательно, самка дигетерозиготна, то есть ее генотип — $AaBb$.

7. Переписываем схему скрещивания, используя установленные генотипы родительских особей, определяем типы гамет скрещиваемых особей и получаем потомков F₁.

P		♀ $AaBb$	×	♂ $aabb$	
		черная		кор.-пегий	
Типы гамет		(AB) (Ab)		(ab)	
		(aB) (ab)			
F ₁	$AABB$	$Aabb$	$aaBb$	$aabb$	
	черные	черно-пегие	коричневые	коричнево-пегие	
	25%	25%	25%	25%	

Краткая запись решения задачи:

A — черная окраска, **a** — коричневая окраска;

B — сплошная окраска, **b** — пегая окраска.

♂ гомозиготен по рецессивным признакам, то есть его генотип — **aabb**.

Самка несет доминантные признаки. Ее генотип — **A_B_**.

		♀ A_B_ черная	× ♂ aabb кор.-пегий	
F ₁	A_B_ черные 25%	A_bb черно-пегие 25%	aaB_ коричневые 25%	aabb коричнево-пегие 25%

При анализирующем скрещивании в F₁ произошло расщепление в соотношении 1:1:1:1. Отсюда следует, что особь, подвергающаяся анализу, дигетерозиготна, то есть генотип самки — **AaBb**.

		♀ AaBb черная	× ♂ aabb кор.-пегий	
Типы гамет		AB Ab	ab	
F ₁	AABV черные 25%	Aabb черно-пегие 25%	aaBb коричневые 25%	aabb коричнево-пегие 25%

Ответ: генотип ♀ — **AaBb**.

Задача 026. У флокса белая окраска венчика доминирует над кремовой, плоская форма венчика — над воронковидной. От скрещивания растения флокса с белыми воронковидными цветками и растения с кремовыми воронковидными цветками получено 83 растения, из которых 42 имеют белый воронковидный венчик и 41 — кремовый воронковидный. Определите генотипы скрещиваемых растений.

1. Вводим обозначения генов:

A — белая окраска венчика, **a** — кремовая окраска венчика;

В — плоская форма венчика, **в** — воронковидная форма венчика.

2. *Определяем генотип скрещиваемых особей.*

Одно растение с белым воронковидным венчиком. Белая окраска — доминантный признак, поэтому по гену, определяющему окраску венчика, растение может быть как гомо-, так и гетерозиготно. Воронковидная форма венчика — рецессивный признак, поэтому по гену, определяющему форму венчика, растение гомозиготно. Его генотип — **A_—bb**.

Второе растение имеет кремовые воронковидные цветки, то есть несет рецессивные признаки. Значит, оно гомозиготно. Поэтому его генотип — **aabb**.

3. *Делаем краткую запись условия задачи и решаем ее.*

Дано:

A — белая окраска
a — кремовая окраска
В — плоская форма
в — воронковидная форма
P — ♀ белый воронковид.
 ♂ кремовый воронков.
F₁ — 42 белых воронковидных
 41 кремовый воронковидный

Генотипы **P** — ?

Решение:

4. *Записываем схему скрещивания.*

P ♀ **A_—bb** × ♂ **aabb**
 бел. воронк. крем. воронк.

5. *Анализируем и записываем генотип потомства.*

Белые воронковидные — первый признак доминантный (могут быть как гомо-, так и гетерозиготными), второй — рецессивный. Их генотип — **A_—bb**.

Кремовые воронковидные несут рецессивные признаки, то есть они гомозиготны и их генотип — **aabb**.

P	♀ A_—bb	×	♂ aabb
	бел. воронк.		крем. воронк.
F₁	A_—bb		aabb
	бел. воронк.		крем. воронк.
	1	:	1

6. *Определяем генотип материнской особи.*

В потомстве наблюдается расщепление по первому признаку в соотношении 1:1. Такое расщепление характерно

для скрещивания гетерозиготной особи с особью, гомозиготной по рецессивному признаку. Отцовская особь гомозиготна, значит, материнская гетерозиготна, то есть ее генотип **Aabb**.

7. *Переписываем схему скрещивания, используя установленные генотипы родительских особей, определяем типы гамет скрещиваемых особей и получаем потомков F₁.*

P	♀ Aabb	×	♂ aabb
	бел. воронк.		крем. воронк.
Типы гамет	(aB) (ab)		(ab)
F ₁	Aabb		aabb
	бел. воронк.		крем. воронк.
	1	:	1

Краткая запись решения задачи:

A — белая окраска венчика, **a** — кремовая окраска венчика;

B — плоская форма, **b** — воронковидная форма венчика.
♂ гомозиготен по рецессивным признакам, генотип — **aabb**.

♀ несет первый доминантный признак (может быть как гомо-, так и гетерозиготно), второй признак — рецессивный. Генотип — **A^{_}bb**.

F₁ белые воронковидные — по первому признаку могут быть как гомо-, так и гетерозиготными, по второму — гомозиготны. Генотип — **A^{_}bb**. Кремовые воронковидные гомозиготны. Генотип — **aabb**.

P	♀ A[_]bb	×	♂ aabb
	бел. воронк.		крем. воронк.
F ₁	A[_]bb		aabb
	бел. воронк.		крем. воронк.
	1	:	1

По первому признаку расщепление в соотношении 1:1, по второму — единообразно. Скрещивались гетерозиготная по первому признаку особь с особью, гомозиготной по двум признакам ⇒ генотип ♀ — **Aabb**.

Р	♀ Aabb × ♂ aabb бел. воронк. крем. воронк.
Типы гамет	aB ab : ab
F ₁	Aabb aabb бел. воронк. крем. воронк. 1 : 1

Ответ: генотипы Р — ♀ **Aabb**, ♂ **aabb**.

✦ Задачи для самостоятельного решения

Задача 119. Мать имеет короткие уши со свободной мочкой (доминантный признак), а отец — длинные (доминантный признак) уши с приросшей мочкой. У сына от этого брака длинные уши со свободной мочкой, а у дочери — короткие с приросшей. Определите генотип родителей и детей.

Задача 120. У человека курчавые волосы и белая прядь волос надо лбом — доминантные признаки, прямые волосы и отсутствие локона — рецессивные. Отец с курчавыми волосами и без локона, мать с прямыми волосами и с белым локоном надо лбом. Все дети в этой семье имеют признаки матери. Каких еще детей можно ожидать от этого брака?

Задача 121. У дрозофилы серая окраска тела доминирует над черной, нормальные крылья — над загнутыми. Скрещиваются две серые мухи с нормальными крыльями. Потомство F₁ фенотипически единообразно — с серым телом и нормальными крыльями. Каковы возможные генотипы скрещиваемых особей и потомства?

Задача 122. У гороха желтая окраска семян **A** доминирует над зеленой **a**, а гладкая форма семян **B** — над морщинистой **b**. Растения гороха, выросшие из желтых морщинистых семян, опылены пыльцой растений, полученных из зеленых гладких семян. 1/2 гибридных семян — желтые гладкие и 1/2 — зеленые гладкие. Определите генотипы родительских растений.

Задача 123. У гороха желтая окраска семян **A** доминирует над зеленой **a**, а гладкая форма семян **B** — над морщинистой **b**. Растения гороха, полученные из зеленых гладких семян, опылены пыльцой растений, полученных из желтых морщинистых семян. Гибридное потомство состояло из $1/4$ желтых гладких семян, $1/4$ желтых морщинистых, $1/4$ зеленых гладких и $1/4$ зеленых морщинистых. Определите: 1) генотипы родителей; 2) какое потомство можно ожидать от анализирующего скрещивания гибридов с желтыми гладкими семенами.

Задача 124. У тыквы белая окраска плодов определяется геном **W**, окрашенность — **w**, дисковидная форма плода — **S**, сферическая — **s**. От скрещивания растения с белыми дисковидными плодами с растением, имеющим белые дисковидные плоды, получено: 28 растений с белыми дисковидными плодами, 9 — с белыми шаровидными, 10 — с желтыми дисковидными и 3 — с желтыми шаровидными. Определите: 1) генотипы скрещиваемых растений; 2) фенотип потомства, полученного в результате самоопыления растений каждого генотипического класса.

Задача 125. Ген раннеспелости у овса доминирует над геном позднеспелости; ген нормального роста — над геном гигантского роста. Растение раннеспелого сорта нормального роста скрещивали с растением позднеспелого сорта гигантского роста. В потомстве — раннеспелые нормального роста, раннеспелые гиганты, позднеспелые нормальные и позднеспелые гигантские в соотношении 1:1:1:1. Определите: 1) генотипы скрещиваемых растений; 2) генотип потомков от возвратного скрещивания позднеспелых нормального роста растений F_1 с родительскими формами.

Задача 126. У дурмана пурпурная окраска цветков (**P**) доминирует над белой (**p**), а колючие семенные коробочки (**S**) — над гладкими (**s**). Пурпурноцветковое растение с гладкими семенными коробочками, скрещенное с белоцветковым, имеющим колючие коробочки, дало 320 пурпурноцветковых с колючими и 312 пурпурноцветковых с глад-

кими коробочками. Определите, какие фенотипы и генотипы будут иметь потомки, полученные от скрещивания между собой гибридных растений F_1 .

Задача 127. У пшеницы безостость A доминирует над остистостью a , красная окраска колоса B — над белой окраской b . Безостое красноколосое растение скрещивается с остистым белоколосым. В F_1 : $1/4$ безостых красноколосых, $1/4$ безостых белоколосых, $1/4$ остистых красноколосых и $1/4$ остистых белоколосых растений. Определите генотипы потомков от скрещивания безостых белоколосых и остистых красноколосых растений из F_1 между собой.

Задача 128. У дрозофилы серая окраска тела и нормальные крылья определяются доминантными генами B и V , а черная окраска тела и зачаточные крылья зависят от рецессивных генов b и v . При скрещивании двух черных мух с нормальными крыльями все потомство имело черное тело, но $3/4$ его было с длинными, а $1/4$ — с зачаточными крыльями. Определите генотип родителей.

Задача 129. У дрозофилы серая окраска тела и нормальные крылья определяются доминантными генами B и V , а черная окраска тела и зачаточные крылья зависят от рецессивных генов b и v . От скрещивания черных мух, одна из которых имела нормальные, а другая — зачаточные крылья, получено чернотелое потомство, $1/2$ которого имела нормальные, а $1/2$ — зачаточные крылья. Определите генотип родителей и потомков от скрещивания.

Задача 130. У кур черная окраска оперения определяется геном E , бурая — e , наличие хохла — C , отсутствие — c .

- 1) Бурый хохлатый петух скрещен с черной курицей без хохла. В их потомстве половина цыплят — черные хохлатые, другая половина — бурые хохлатые. Каковы генотипы петуха и курицы?
- 2) Курица и петух черные хохлатые. От них получено 13 цыплят: 7 черных хохлатых, 3 бурых хохлатых, 2 черных без хохла и 1 бурый без хохла. Каковы генотипы петуха и курицы?

- 3) Хохлатые цыплята с черным оперением — результат скрещивания бурой хохлатой курицы с черным без хохла петухом. Определите формулу расщепления F_2 по генотипу и фенотипу. Какое потомство можно ожидать от возвратного скрещивания гибридов F_1 с обеими исходными формами?

Задача 131. У морских свинок черная окраска шерсти **C** доминирует над белой **c**, длинная шерсть **D** — над короткой **d**. Самец морской свинки, имеющий длинную черную шерсть, скрещен с самкой, шерсть которой короткая и черная. В нескольких пометах этой пары получено 15 короткошерстных и черных свинок, 13 длинношерстных черных, 4 короткошерстных черных и 5 длинношерстных черных. Каковы генотипы родителей?

Задача 132. У морских свинок всклоченная (розеточная) шерсть **B** доминирует над гладкой **b**, а черная окраска **C** — над белой **c**. Черные морские свинки с розеточной шерстью при скрещивании друг с другом дали двух потомков — розеточного белого и гладкого черного. Какое потомство можно ожидать в дальнейшем от этих свинок?

Задача 133. У собак черная окраска шерсти определяется геном **B**, коричневая — **b**, сплошная — **S**, пега — **s**. У черных родителей 6 щенков — все черные. Каковы возможные генотипы родителей?

Задача 134. У овец белая окраска шерсти доминирует над черной, а рогатость доминирует над комолостью (безрогостью). В результате скрещивания черного рогатого барана с белой комолой овцой было получено следующее потомство: 1/4 рогатых белых, 1/4 рогатых черных, 1/4 комолых белых, 1/4 комолых черных. Каковы генотипы родителей и потомства?

Задача 135. У человека волнистые волосы и нормальная пигментация — доминантные признаки, прямые волосы и альбинизм — рецессивные. В семье двое детей: сын с нормальной пигментацией и прямыми волосами и дочь-альбинос с волнистыми волосами. Какие генотипы и фенотипы могут иметь их родители?

Определение доминантности или рецессивности признака

Задачи на определение доминантности или рецессивности признака при дигибридном скрещивании решаются аналогично задачам на моногибридное скрещивание.

✦ Задачи для самостоятельного решения

Задача 136. Растение тыквы с белыми дисковидными плодами, скрещенное с растением, имеющим желтые шаровидные плоды, дает в F_1 38 растений с белыми дисковидными, 13 — с белыми шаровидными, 12 — с желтыми дисковидными и 5 — с желтыми шаровидными плодами. Определите: 1) какие признаки являются доминантными; 2) формулу расщепления потомства F_1 по генотипу.

Задача 137. У плодов арбуза корка может быть зеленая или полосатая, форма плода — длинная или круглая. Гомозиготное растение с длинными зелеными плодами скрещено с гомозиготным же, имеющим круглые полосатые плоды. В F_1 плоды круглые зеленые. Определите: 1) какие признаки доминируют; 2) генотип и фенотип потомков от анализирующего скрещивания гибридов F_1 .

Задача 138. Растение флокса с белыми воронковидными цветками скрещено с растением, имеющим кремовые плоские цветки. В F_1 — растения с белыми плоскими цветками. Гибрид F_1 был скрещен с растением, признаки которого неизвестны. В потомстве от этого скрещивания: $1/4$ растений имеет белые плоские цветки, $1/4$ — белые воронковидные, $1/4$ — кремовые плоские и $1/4$ — кремовые воронковидные. Определите: 1) какие признаки доминируют; 2) генотип и фенотип растения, с которым произвели скрещивание гибрида F_1 .

Задача 139. У тутового шелкопряда одной породы полосатые гусеницы плетут белые коконы, а у другой одноцветные гусеницы плетут желтые коконы. Скрещивали тутовых шелкопрядов двух пород. Все гусеницы F_1 полосатые и плетут желтые коконы. Определите: 1) какие признаки домини-

руют; 2) какое потомство можно ожидать от скрещивания гибридов F_1 с гомозиготными бабочками, одноцветные гусеницы которых плетут желтые коконы.

Задача 140. Черная однапалая свинья крупной черной корнуэльской породы скрещена с рыжим двупалым хряком дюрок-джерсейской породы. Поросята F_1 — черные однапалые. В F_2 получено 75 поросят. Сколько поросят могут быть рыжими однапалыми?

Определение вероятности появления потомства с заданными признаками

Задачи на определение вероятности появления потомства с заданными признаками при дигибридном скрещивании решаются аналогично задачам на моногибридное скрещивание.

✧ Примеры решения задач

Задача 027. У тыквы желтая окраска плодов **A** доминирует над белой **a**, дисковидная форма плодов **B** — над сферической **b**. Скрещиваются растения, имеющие генотипы **AABb** и **Aabb**. Определите вероятность появления растений с белыми сферическими плодами.

Дано:

A — желтая окраска

a — белая окраска

B — дисковидный плод

b — сферический плод

$P \quad \text{♀ } AABb \times \text{♂ } Aabb$

желт. диск. желт. сфер.

Вероятность белого сферического плода в F_1 — ?

P

♀ **AABb**

желт. диск.

× ♂ **Aabb**

желт. сфер.

Типы гамет

(**AB**) (**Ab**)

(**AB**) (**ab**)

Решение:

1. *Записываем схему скрещивания.*

$P \quad \text{♀ } AABb \times \text{♂ } Aabb$

желт. диск. желт. сфер.

2. *Определяем типы гамет скрещиваемых особей.*

3. Получаем потомков F_1 .

P ♀ **AABb** × ♂ **Aabb**
 желт. диск. желт. сфер.

Типы гамет **AB** **Ab** **AB** **ab**

F_1 **AABb** **AAbb** **AaBb** **Aabb**
 желт. диск. желт. сфер. желт. диск. желт. сфер.

4. Проводим анализ скрещивания. В F_1 наблюдается расщепление — 1 (желтая дисковидная) : 1 (желтая сферическая).

Краткая запись решения задачи:

P ♀ **AABb** × ♂ **Aabb**
 желт. диск. желт. сфер.

Типы гамет **AB** **Ab** **AB** **ab**

F_1 **AABb** **AAbb** **AaBb** **Aabb**
 желт. диск. желт. сфер. желт. диск. желт. сфер.

1 (желтая дисковидная) : 1 (желтая сферическая)

Ответ: вероятность появления растений с белыми сферическими плодами равна нулю.

Задача 028. У табака пурпурная окраска венчика цветка **A** доминирует над белой **a**, устойчивость к мучнистой росе **B** — над восприимчивостью **b**. Скрещиваются гетерозиготные пурпурноцветковые растения, восприимчивые к мучнистой росе. Какова вероятность появления в F_1 белоцветковых восприимчивых к мучнистой росе растений?

1. Определяем генотипы скрещиваемых растений.

Растения гетерозиготные пурпурноцветковые, восприимчивые к мучнистой росе. Восприимчивость к мучнистой росе — рецессивный признак. Значит, по этому признаку растения гомозиготны. Пурпурный цвет венчика — признак, находящийся в гетерозиготном состоянии (по условию задачи). Таким образом, растения имеют генотип **Aabb**.

Дано:**A** — пурпурная окраска**a** — белая окраска**B** — устойчивость**b** — восприимчивость**P** ♀ **Aabb** × ♂ **Aabb**

пурп. воспр. пурп. воспр.

Вероятность белоцветковых
восприимчивых в F_1 — ?**Решение:**2. *Записываем схему скрещивания.***P** ♀ **Aabb** × ♂ **Aabb**

пурп. воспр. пурп. воспр.

3. *Определяем типы гамет скрещиваемых особей.***P** ♀ **Aabb** × ♂ **Aabb**
пурп. воспр. пурп. воспр.

Типы гамет (Ab) (ab) (Ab) (ab)

4. *Получаем потомков F_1 .***P** ♀ **Aabb** × ♂ **Aabb**
пурп. воспр. пурп. воспр.

Типы гамет (Ab) (ab) (Ab) (ab)

F₁ **AAbb** **Aabb** **Aabb** **aabb**
пурп. воспр. пурп. воспр. пурп. воспр. белый воспр.5. *Проводим анализ скрещивания.* В F_1 наблюдается расщепление по фенотипу на пурпурноцветковые растения, восприимчивые к мучнистой росе, и белоцветковые восприимчивые, в соотношении 3:1.**Краткая запись решения задачи:****P** ♀ **Aabb** × ♂ **Aabb**
пурп. воспр. пурп. воспр.

Типы гамет (Ab) (ab) (Ab) (ab)

F₁ **AAbb** **Aabb** **Aabb** **aabb**
пурп. воспр. пурп. воспр. пурп. воспр. белый воспр.

3 (пурпурноцвет. восприимч.): 1 (белоцвет. восприимч.)

Ответ: вероятность появления белоцветковых растений, восприимчивых к мучнистой росе — 1/4, или 25%.

Задача 029. У человека альбинизм (**a**) и предрасположенность к подагре (**b**) наследуются как рецессивные признаки. Один из супругов альбинос, другой имеет предрасположенность к подагре, первый ребенок здоров и имеет нормальную пигментацию, а второй — альбинос и предрасположен к подагре. Какова вероятность рождения в этой семье здорового ребенка-альбиноса (в %)?

Дано:

A — нормальная пигментация

a — альбинизм

B — норма

b — предрасп. к подагре

P ♀ альбинос, норма

♂ норма, предрасположен к подагре

Вероятность рождения здорового альбиноса — ?

Решение:

1. *Записываем схему скрещивания.*

P ♀ альбинос норма × ♂ норма предрасп.

F₁ — 1 норма, норма;
1 альбинос, предрасположен к подагре.

2. *Анализируем генотип родителей по фенотипу детей.*

Мать — альбинос (рецессивный признак). Значит, по первому признаку она гомозиготна. Вторым признаком доминантный, и он фенотипически проявляется. Значит, по этому признаку она может быть как гомо-, так и гетерозиготной. Поэтому ее генотип — **aaB₋**. Предрасположенность к подагре — рецессивный признак, и он проявляется у отца, то есть по этому признаку отец гомозиготен. У отца нормальная пигментация (доминантный признак). По данному признаку отец может быть как гомо-, так и гетерозиготным, то есть генотип отца — **A₋bb**.

3. *Записываем схему скрещивания в генотипической форме и фенотипы F₁.*

P ♀ **aaB₋** × ♂ **A₋bb**
альбинос, норма норма, предрасп.

F₁ 1 норма и 1 альбинос, предрасположенный к подагре.

4. *Анализируем потомство и определяем генотипы родителей.* Один ребенок несет рецессивные признаки, значит, он гомозиготен (**aabb**). Один рецессивный ген из

каждой пары аллельных генов он получает от отца, второй — от матери. Поэтому генотип отца содержит ген, отвечающий за развитие альбинизма, а генотип матери — ген, отвечающий за предрасположенность к подагре. Следовательно, генотип матери — **aaBb**, отца — **Aabb**.

P $\text{♀ aaBb} \times \text{♂ Aabb}$
альбинос, норма норма, предрасп.

5. *Определяем типы гамет родителей.*

P $\text{♀ aaBb} \times \text{♂ Aabb}$
альбинос, норма норма, предрасп.

Типы гамет $\textcircled{Ab} \textcircled{ab} \textcircled{Ab} \textcircled{ab}$

6. *Получаем потомство от брака.*

P $\text{♀ aaBb} \times \text{♂ Aabb}$
альбинос, норма норма, предрасп.

Типы гамет $\textcircled{Ab} \textcircled{ab} \textcircled{Ab} \textcircled{ab}$

F₁ **AaBb** **aaBb** **Aabb** **aabb**
норма, альбинос, норма, альбинос,
норма норма предрасп. предрасп.

7. *Анализируем потомство от брака.*

Возможно рождение детей: 25% нормальных, 25% альбиносов, 25% предрасположенных к подагре, 25% альбиносов, предрасположенных к подагре.

Краткая запись решения задачи:

P $\text{♀ альбинос} \times \text{♂ норма}$
норма предрасп.

F₁ — 1 норма, 1 альбинос, предрасположен к подагре. Генотип одного ребенка — **aabb**. Отсюда следует, что он получил по одному рецессивному гену каждой аллельной пары от обоих родителей;

♀ — первый признак рецессивный, второй — доминантный, отсюда генотип **aaBb**;

♂ — первый признак доминантный, второй — рецессивный, отсюда генотип **Aabb**.

Р $\text{♀ aaBb} \times \text{♂ Aabb}$
 альбинос, норма норма, предрасп.

Типы гамет $(Ab) (ab) (Ab) (ab)$

F₁ $AaBb$ $aaBb$ $Aabb$ $aabb$
 норма, альбинос, норма, альбинос,
 норма норма предрасп. предрасп.

Ответ: вероятность рождения здорового альбиноса — 25%.

✦ Задачи для самостоятельного решения

Задача 141. У собак черный цвет шерсти доминирует над кофейным, а короткая шерсть — над длинной. Какова вероятность рождения черных короткошерстных щенков от скрещивания двух особей, гетерозиготных по обоим признакам?

Задача 142. Некоторые формы катаракты и глухонемые у человека — аутосомные рецессивные признаки. Какова вероятность рождения здоровых детей в семье, если родители дигетерозиготны?

Задача 143. Какова вероятность рождения здоровых детей в семье, где один из родителей страдает катарактой и глухонемой, а второй супруг гетерозиготен по этим признакам?

Задача 144. Какова вероятность рождения детей с двумя аномалиями в семье, где один из родителей страдает катарактой и глухонемой, а второй супруг здоров, но гетерозиготен по гену катаракты?

Задача 145. У человека вьющиеся волосы доминируют над прямыми, нормальная пигментация — над альбинизмом. Определите вероятность появления ребенка-альбиноса с вьющимися волосами, если у отца и матери — вьющиеся волосы и нормальная пигментация, но они гетерозиготны по этим признакам.

Задача 146. У пшеницы безостость **A** доминирует над остистостью **a**, а красная окраска колоса **B** — над белой окраской **b**. Безостое белоколосое растение, скрещенное

с остистым красноколосым, дало 32 безостых красноколосых и 33 безостых белоколосых растений. Какова вероятность появления остистых белоколосых растений от скрещивания гибридов F_1 между собой?

Задача 147. У дрозофилы серая окраска тела и нормальные крылья определяются доминантными генами **B** и **V**, а черная окраска тела и зачаточные крылья зависят от рецессивных генов **b** и **v**. При скрещивании мух с зачаточными крыльями, одна из которых была серой, а другая — черной, получено потомство, в котором все мухи имели серое тело и зачаточные крылья. Какова вероятность появления мух с таким же фенотипом от скрещивания полученных гибридов между собой?

Задача 148. При скрещивании черного петуха без хохла с бурой хохлатой курицей все потомство оказалось черным и хохлатым. Определите генотипы родителей и потомства. Какие признаки являются доминантными? Какая часть гибридов F_2 будет бурой без хохла?

Задача 149. У крупного рогатого скота комолость (безрогость) и черный цвет шерсти доминируют над рогатостью и красной окраской. При скрещивании комолого черного быка с тремя красными безрогими коровами телята оказались все черные, но от двух коров потомство всегда комолое, а от третьей — как комолое, так и рогатое. Определите генотипы быка и коров.

Задача 150. У человека некоторые формы близорукости доминируют над нормальным зрением, а карий цвет глаз — над голубым. Какова вероятность рождения голубоглазого близорукого ребенка от брака близорукого кареглазого мужчины с голубоглазой женщиной с нормальным зрением?

Задача 151. У человека имеется два вида слепоты, и каждая определяется своим рецессивным аутосомным геном. Гены обоих признаков находятся в разных парах хромосом. Какова вероятность рождения слепого ребенка, если:

- 1) отец и мать страдают одним и тем же видом наследственной слепоты, а по другой паре генов слепоты нормальны и гомозиготны;

- 2) отец и мать страдают разными видами слепоты, а по другой паре генов слепоты нормальны и гомозиготны;
- 3) оба родителя дигетерозиготны;
- 4) родители зрячие, обе бабушки страдают одинаковым видом наследственной слепоты, а по другой паре генов они нормальны и гомозиготны; со стороны дедушек наследственной слепоты в их родословной не отмечено?

Задача 152. У человека имеется две формы глаукомы, одна из которых наследуется как доминантный признак, а вторая — как рецессивный. Какова вероятность рождения здорового ребенка, если у отца одна форма глаукомы, а у матери — другая, причем оба родителя являются гетерозиготными?

Задача 153. У человека имеется две формы слепоты, которые наследуются как рецессивные признаки. Какова вероятность рождения зрячего, если его родители слепые, но их слепота вызвана разными генами, а по другому гену они гетерозиготны?

Задача 154. У человека короткий череп — доминантный признак, длинный — рецессивный, наличие щели между резцами — доминантный, отсутствие щели — рецессивный. Какова вероятность рождения ребенка с длинным черепом и без щели между резцами от брака дигетерозиготного мужчины с коротким черепом и с щелью между резцами и гетерозиготной женщины с коротким черепом и без щели между резцами?

Наследование летальных и сублетальных генов

Задачи на наследование летальных и сублетальных генов при дигибридном скрещивании решаются аналогично задачам на моногибридное скрещивание.

✧ Пример решения задачи

Задача 030. У мышей черная окраска тела **A** доминирует над коричневой **a**. Длина хвоста контролируется геном,

доминантная аллель которого, находясь в гомозиготном состоянии (**ВВ**), определяет развитие хвоста нормальной длины, а гомозигота по рецессивной аллели (**bb**) — летальна (мышь погибает на эмбриональной стадии развития). Если же этот ген находится в гетерозиготном состоянии (**Vb**), то мыши имеют укороченные хвосты. Какое потомство и в каком соотношении можно ожидать от скрещивания ♀ **AABb** × ♂ **AaBb**?

Дано:

A — черная окраска
a — коричневая окраска
ВВ — нормальный хвост
bb — леталь
Vb — укороченный хвост
 P ♀ **AABb** × ♂ **aaBb**
 черн. ук. хв. черн. ук. хв.

Решение:

1. *Записываем схему скрещивания.*

P ♀ **AABb** × ♂ **AaBb**
 черн. ук. хв. черн. ук. хв.

2. *Определяем типы гамет скрещиваемых особей.*

F₁ — ?

P ♀ **AABb** × ♂ **AaBb**
 черн. ук. хв. черн. ук. хв.

Типы гамет

(**AB**) (**Ab**) (**aB**) (**ab**)

3. *Получаем потомство от скрещивания.*

P ♀ **AABb** × ♂ **AaBb**
 черн. ук. хв. черн. ук. хв.

Типы гамет

(**AB**) (**Ab**) (**aB**) (**ab**)

	♂	AB	Ab	aB	ab
♀ F₁	AB	AABV черн. норм. хв.	AABb черн. ук. хв.	AaBV черн. норм. хв.	AaBb черн. ук. хв.
	Ab	AABb черн. ук. хв.	AAbb леталь	AaBb черн. ук. хв.	Aabb леталь

4. *Анализируем потомство от скрещивания.* Два генотипических класса в F_1 имеют летальный исход. Поэтому в потомстве наблюдается расщепление — черный с нормальным хвостом и черный с укороченным хвостом в соотношении 1:2.

Краткая запись решения задачи:

P $\text{♀ AABb} \times \text{♂ AaBb}$
 черн. ук. хв. черн. ук. хв.

Типы гамет AB Ab aB ab

F_1	$\text{♀} \backslash \text{♂}$	AB	Ab	aB	ab
	AB	AABB черн. норм. хв.	AABb черн. ук. хв.	AaBB черн. норм. хв.	AaBb черн. ук. хв.
	Ab	AABb черн. ук. хв.	AAbb леталь	AaBb черн. ук. хв.	Aabb леталь

1 (черные с нормальным хвостом) : 2 (черные с укороченным хвостом)

Ответ: 1/3 черных с нормальным хвостом и 2/3 черных с укороченным хвостом.

◆ **Задачи для самостоятельного решения**

Задача 155. У кур гены, определяющие развитие нормальных оперенных ног, наследуются как аутосомно-доминантные признаки, ген коротконогости (**n**) обладает летальным эффектом, рецессивный ген **m** определяет развитие неоперенных (голых) ног. В результате скрещивания гетерозиготных куриц и петухов получили 300 живых цыплят.

- 1) Сколько типов гамет может образовать курица?
- 2) Сколько разных фенотипов могут иметь живые цыплята?

- 3) Сколько цыплят могло быть рецессивными гомозиготами по коротконогости и погибнуть в период инкубации?
- 4) Сколько цыплят могут иметь короткие оперенные ноги?
- 5) Сколько цыплят могут иметь нормальные неоперенные ноги?

Задача 156. У крупного рогатого скота имеется ген, контролирующий тип телосложения, которое может быть нормальным и рыхлым. При скрещивании крупного рогатого скота с рыхлым телосложением постоянно наблюдается расщепление на животных с рыхлым и нормальным телосложением в соотношении 2:1. Если скрестить между собой животных с нормальным и рыхлым телосложением, то в потомстве наблюдается расщепление в соотношении 1:1. От скрещивания животных с нормальным телосложением рождаются такие же телята. Определите: 1) каковы особенности наследования типа телосложения у крупного рогатого скота; 2) какое потомство и в каком соотношении следует ожидать от скрещивания дигетерозиготного комолого быка с такой же коровой (об особенностях наследования рогатости см. задачу 149).

Задача 157. У мышей черная окраска тела **A** доминирует над коричневой **a**. Длина хвоста контролируется геном, доминантная аллель которого, находясь в гомозиготном состоянии (**BB**), определяет развитие хвоста нормальной длины, а гомозигота по рецессивной аллели (**bb**) — летальна (мышь погибает на эмбриональной стадии развития). Если же этот ген находится в гетерозиготном состоянии (**Bb**), то мыши имеют укороченные хвосты. Какое потомство и в каком соотношении можно ожидать от скрещивания:

- 1) ♀ **AaBb** × ♂ **aaBb**;
- 2) дигетерозиготной самки и самца, гомозиготного по доминантной аллели гена, обеспечивающего развитие окраски тела, и гетерозиготного по гену, определяющему длину хвоста;
- 3) черной короткохвостой самки и коричневого короткохвостого самца?

Задача 158. У мышей известна аллель A^Y , которая в гетерозиготном состоянии определяет развитие желтой окраски тела, а в гомозиготном состоянии летальна. Рецессивная аллель этого гена в гомозиготном состоянии определяет развитие черной окраски. Какое потомство и в каком числовом соотношении можно ожидать от скрещивания двух желтых короткохвостых мышей (об особенностях наследования длины хвоста см. в предыдущей задаче)?

Задача 159. У овец рогатость A доминирует над комолостью (безрогатостью) a , серая окраска шерсти B — над черной b . При скрещивании черных овец друг с другом рождаются только черные ягнята, серых и черных — половина ягнят серых, половина черных, при скрещивании двух серых — серые и черные, причем серых в два раза больше, чем черных. Определите: 1) каковы особенности наследования окраски шерсти у овец; 2) какое потомство можно ожидать от скрещивания овец, имеющих генотип $\text{♀ } AaBb \times \text{♂ } aabb$; 3) какое потомство и в каком числовом соотношении можно ожидать от скрещивания двух дигетерозиготных овец.

Задача 160. В норме в эритроцитах взрослого человека синтезируется только гемоглобин A (HbA). При наличии генной мутации в одном из генов гемоглобина у гетерозиготного организма ($HbAHbS$) в эритроцитах синтезируется 60% HbA и 40% HbS . HbS функцию транспорта кислорода выполнять не может. При условии достаточного количества кислорода гетерозиготы практически здоровы. У гомозигот $HbSHbS$ синтезируется только HbS , в результате чего развивается тяжелое заболевание — серповидноклеточная анемия (одна из форм малокровия), при которой эритроциты принимают форму серпа. Больные серповидноклеточной анемией нежизнеспособны и погибают в раннем детском возрасте. Определите, какова вероятность рождения здорового голубоглазого ребенка от брака двух дигетерозиготных родителей (карий цвет глаз доминирует над голубым).

ПОЛИГИБРИДНОЕ СКРЕЩИВАНИЕ

Полигибридным называется скрещивание организмов, отличающихся друг от друга по многим признакам.

Задачи на полигибридное скрещивание решаются так же, как и на дигибридное, но при этом следует учитывать, что:

- гены, локализованные в разных парах гомологичных хромосом, наследуются независимо друг от друга;
- количество типов гамет, образуемых организмом, можно вычислить по формуле 2^n , где n — число генов, находящихся в гетерозиготном состоянии, или пользуясь схемой 1.

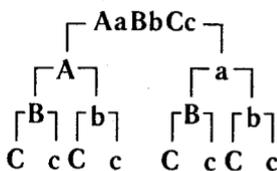


Схема 1. Определение вероятных комбинаций генов при образовании гамет у тригетерозиготы.

✧ Примеры решения задач

Задача 031. Определите, сколько типов гамет образует организм с генотипом **AaBbCc**.

Дано:

AaBbCc

Число типов гамет — ?

Решение:

Число типов гамет, образуемых организмом, вычисляем по формуле 2^n , где n — число генов, находящихся в гетерозиготном состоянии: $2^3 = 8$.

Ответ: организм с генотипом **AaBbCc** образует 8 типов гамет.

Задача 032. Какие гаметы образует организм, имеющий генотип **AABbCCDd**?

Дано:

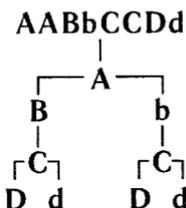
AABbCCDd

Какие гаметы — ?

Решение:

1. Определяем число типов гамет, образуемых организмом, по формуле 2^n , где n — число генов, находящихся в гетерозиготном состоянии: $2^2 = 4$.

2. Определяем гаметы, образуемые организмом.



ABCD, ABCd, AbCd, AbCd

Ответ: организм образует 4 типа гамет — ABCD, ABCd, AbCD, AbCd.

Задача 033. У морских свинок всклокоченная (розеточная) шерсть **A** доминирует над гладкой **a**, черная окраска **B** — над белой **b**, а длинная шерсть **C** — над короткой **c**. Какое потомство можно получить от скрещивания: ♀ AABbcc × ♂ Aabbcc?

Дано:

A — розеточная шерсть

a — гладкая шерсть

B — черная окраска

b — белая окраска

C — длинная шерсть

c — короткая шерсть

P ♀ AABbcc × ♂ Aabbcc
роз. черн. кор. роз. бел. кор.

F₁ — ?

Решение:

1. Записываем схему скрещивания.

P ♀ AABbcc × ♂ Aabbcc
роз. черн. кор. роз. бел. кор.

2. Определяем типы гамет скрещиваемых особей.

Сначала определяем число типов гамет по формуле 2^n , где n — число генов, находящихся в гетерозиготном состоянии.

У скрещиваемых организмов один ген находится в гетерозиготном состоянии: $2^1 = 2$, то есть каждый организм образует 2 типа гамет. Пользуясь схемой 1, определяем гаметы.

гаметы ♀

AABbcc

|

┌A┐

B b

| |

c c

ABc, Abc

гаметы ♂

┌Aabbcc┐

A a

| |

b b

| |

c c

Abc, abc

P ♀ AABbcc × ♂ Aabbcc
 роз. черн. кор. роз. бел. кор.

Типы гамет (ABc) (Abc) (Abc) (abc)

3. Получаем потомков F₁.

P ♀ AABbcc × ♂ Aabbcc
 роз. черн. кор. роз. бел. кор.

Типы гамет (ABc) (Abc) (Abc) (abc)

F ₁	AABbcc	AaBbcc	AAbbcc	Aabbcc
	роз.чер.кор.	роз.чер.кор.	роз.бел.кор.	роз.бел.кор.
	25%	25%	25%	25%

4. Анализируем потомство F₁. В потомстве произошло расщепление: по генотипу — 1(AABbcc):1(AaBbcc):1(Aabbcc):1(Aabbcc); по фенотипу — черный розеточный короткошерстный и белый розеточный короткошерстный в соотношении 1:1.

Краткая запись решения задачи:

P ♀ AABbcc × ♂ Aabbcc
 роз. черн. кор. роз. бел. кор.

Типы гамет (ABc) (Abc) (Abc) (abc)

F ₁	AABbcc	AaBbcc	AAbbcc	Aabbcc
	роз.чер.кор.	роз.чер.кор.	роз.бел.кор.	роз.бел.кор.
	25%	25%	25%	25%

Ответ: F₁: по генотипу — 1(AABbcc):1(AaBbcc):1(Aabbcc):1(Aabbcc); по фенотипу — черный розеточный короткошерстный и белый розеточный короткошерстный в соотношении 1:1.

◆ Задачи для самостоятельного решения

Задача 161. У томатов шаровидная форма плода А доминирует над грушевидной а, красная окраска плодов В — над белой в, гладкая кожица плодов С — над опушенной с. Какой фенотип будут иметь растения с генотипом:

- | | | |
|------------|------------|------------|
| 1) AABVCC; | 3) aabbCc; | 5) AaBbCC; |
| 2) AabbCc; | 4) aaVbcc; | 6) aabbcc? |

Задача 162. У фасоли желтая окраска бобов доминирует над зеленой, черный цвет семян — над белым, безволоknистость створок плода — над волоknистостью. Какой генотип будут иметь растения со следующими фенотипами:

- 1) растение с желтыми бобами, черными семенами и волоknистыми створками плодов, гетерозиготное по трем признакам;
- 2) гетерозиготное растение с желтыми бобами, черными семенами и волоknистыми створками плодов;
- 3) гетерозиготное растение с зелеными бобами, черными семенами и волоknистыми створками плодов;
- 4) гомозиготное растение с зелеными бобами, черными семенами и безволоknистыми створками плодов;
- 5) гетерозиготное растение с зелеными бобами, белыми семенами и безволоknистыми створками плодов?

Задача 163. Сколько типов гамет образуют организмы с генотипами:

- | | |
|--------------|--------------|
| 1) AaBbCC; | 5) AaBbCc; |
| 2) AABVCC; | 6) Aabbcc; |
| 3) AABVCCDD; | 7) AabbccDD; |
| 4) AaBbCCdd; | 8) AaBbCcDD? |

Задача 164. У морских свинок всклокоченная (розеточная) шерсть **V** доминирует над гладкой **b**, черная окраска **C** — над белой **c**, длинная шерсть **D** — над короткой **d**. При скрещивании самки с длинной черной розеточной шерстью с самцом, имеющим белую гладкую короткую шерсть, получено потомство, половина которого состоит из розеточных черных длинношерстных и половина из розеточных белых длинношерстных особей. Определите генотип самки.

Задача 165. У морских свинок всклокоченная (розеточная) шерсть **V** доминирует над гладкой **b**, черная окраска **C** — над белой **c**, длинная шерсть **D** — над короткой **d**. При скрещивании двух свинок с длинной розеточной черной шерстью получено потомство, в котором наблюдается рас-

щепление в соотношении 9 длинношерстных розеточных черных : 3 длинношерстных гладких черных : 3 короткошерстных розеточных черных : 1 короткошерстный гладкий черный. Каковы генотипы скрещиваемых особей?

Задача 166. У морских свинок всклокоченная (розеточная) шерсть **B** доминирует над гладкой **b**, черная окраска **C** — над белой **c**, длинная шерсть **D** — над короткой **d**. В результате анализирующего скрещивания розеточная черная длинношерстная самка дала потомство, состоящее из розеточных свинок, 1/4 которых имела черную длинную, 1/4 черную короткую, 1/4 белую длинную и 1/4 белую короткую шерсть. Определите генотип самки.

Задача 167. У гороха желтая окраска семян, гладкая поверхность семян и красная окраска венчика цветка — доминантные признаки, зеленая окраска семян, морщинистая поверхность семян и белая окраска венчика цветка — рецессивные. Скрещиваются красноцветковое растение, имеющее семена желтой окраски с гладкой поверхностью, с белоцветковым растением, имеющим зеленую окраску и морщинистую поверхность семян. В потомстве, полученном от скрещивания — растения с желтыми гладкими семенами, но половина имеет красную окраску цветка, а половина — белую. Определите генотип скрещиваемых растений и потомства, полученного от их скрещивания.

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**.

Различают два варианта локализации доминантных и рецессивных аллелей генов, относящихся к одной группе сцепления:

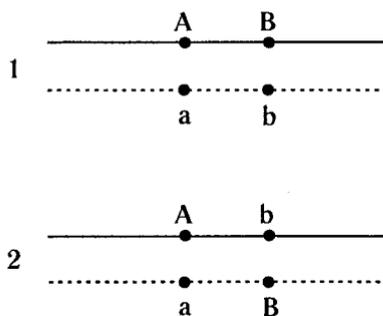


Рис. 3. Расположение аллелей гена в хромосомах:

1 — цис-положение; 2 — транс-положение.

- цис-положение, при котором доминантные аллели находятся в одной из пары гомологичных хромосом, а рецессивные — в другой;
- транс-положение, при котором доминантные и рецессивные аллели гена находятся в разных гомологичных хромосомах.

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 особенностей образования гамет, различают:

- ♦ **кроссоверные гаметы** — гаметы с хромосомами, претерпевшими кроссинговер;
- ♦ **некроссоверные гаметы** — 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

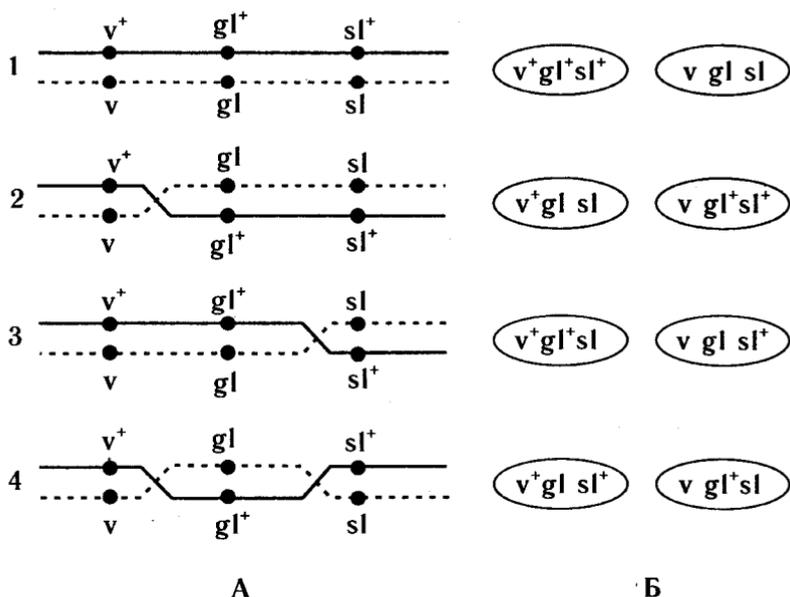


Рис. 4. Рекомбинация сцепленных генов у кукурузы:

А. Хромосомы: 1 — некроссоверные; 2, 3 — одинарный кроссинговер между генами *v* и *gl*; 4 — двойной кроссинговер.

Б. Гаметы: 1 — некроссоверные; 2, 3, 4 — кроссоверные.

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 (особей, образованных с участием кроссоверных гамет) от общего числа потомков, полученных при скрещивании. В честь Т. Моргана единица расстояния между генами названа **морганидой**.

Процент кроссинговера между генами вычисляют по формуле:

$$x = \frac{a + b}{n} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где x — процент кроссинговера, a — число кроссоверных особей одного класса, b — число кроссоверных особей другого класса, n — общее число особей, полученных от анализирующего скрещивания.

Величина кроссинговера не превышает 50%, если же она выше, то наблюдается свободное комбинирование между парами аллелей, не отличимое от независимого наследования.

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 (количеству кроссоверных особей): чем больше процент кроссинговера или количество кроссоверных особей в F_2 , тем дальше будут расположены анализируемые гены.

Если известны величины частот кроссинговера, то расстояние между генами равно либо сумме, либо разности этих величин. Например, гены в хромосоме расположены

в следующем порядке: **ABC**. Расстояние между генами **A** и **C**: $A/C = A/B + B/C$, а расстояние между генами **A** и **B**: $A/B = A/C - B/C$.

Если между генами происходит одинарный кроссинговер и известно количество кроссоверных особей, то расстояние между генами можно вычислить по формуле (1).

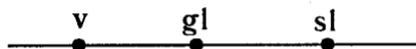
Но между генами может происходить и двойной кроссинговер. Он часто затрудняет оценку истинного расстояния между далеко расположенными друг от друга генами, так как он не всегда обнаруживается. В результате частота кроссинговера между крайними генами оказывается меньше ожидаемой и не равна сумме частот одинарных кроссинговеров. Только наличие между изучаемыми генами третьего (называемого маркером) позволяет точно установить расстояние.

Например, при скрещивании растений кукурузы, отличающихся друг от друга по трем парам сцепленных генов (у одного растения — проростки желтые (**v**) и блестящие (**gl**) «надрезанные» (**sl**) листья, у другого — проростки зеленые (**v**⁺), листья матовые (**gl**⁺) нормальные (**sl**⁺)), получены следующие результаты:

Фенотип гибридов	Число растений	% растений
1	2	3
Некроссоверные		
Проростки зеленые, листья матовые нормальные	270	69,6
Проростки желтые, листья блестящие «надрезанные»	235	
Всего:	505	
Кроссоверные		
Проростки желтые, листья матовые нормальные	60	16,8
Проростки зеленые, листья блестящие «надрезанные»	62	
Всего:	122	

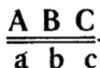
1	2	3
Проростки зеленые, листья матовые «надрезанные»	48	12,1
Проростки желтые, листья блестящие нормальные	40	
Всего:	88	
Проростки зеленые, листья блестящие нормальные	4	1,5
Проростки желтые, листья матовые «надрезанные»	7	
Всего:	1	
Итого:	726	100

Исходя из результатов скрещивания, гены **v**, **gl**, и **sl** располагаются в хромосоме следующим образом:



Частота кроссинговера между генами **v** и **gl**: $16,8 + 1,5 = 18,3\%$, между генами **gl** и **sl**: $12,1 + 1,5 = 13,6$. Теоретически ожидаемое расстояние между генами **v** и **sl**: $v/sl = v/gl + gl/sl = 18,3 + 13,6 = 31,9\%$. Однако при скрещивании получены другие результаты. Частота одинарного кроссинговера между генами **v** и **sl**: $16,8 + 21,1 = 28,9\%$, что на 3% меньше ожидаемого. Противоречие между теоретически ожидаемым и практически полученным результатами устраняется, если принять во внимание двойной кроссинговер между генами **v** и **sl**. Расстояние между генами при наличии двойного кроссинговера равно сумме процентов одинарных кроссинговеров и удвоенного процента двойных кроссинговеров. В нашем примере расстояние между генами **v** и **sl**: $16,8 + 21,1 + 1,5 \cdot 2 = 31,9\%$.

При решении задач на сцепленное наследование генов генотипы организмов принято записывать в хромосомной форме:



Генотип тригетерозиготной особи при независимом наследовании, записанный в хромосомной форме, будет иметь следующий вид:

$$\frac{A}{a} \frac{B}{b} \frac{C}{c}$$

❖ Вопросы и задания для самоконтроля

1. Какое наследование называют сцепленным?
2. Дигетерозиготная по генами **M** и **N** самка дрозофилы скрещена с рецессивным самцом. В потомстве было получено расщепление в соотношении — 25% **MmNn**; 25% **Mmnn**; 25% **mmNn**; 25% **mmnn**. Как наследуются признаки, контролируемые генами **M** и **N**, — сцепленно или независимо?
3. Что такое сцепление?
4. В каком случае гены наследуются сцепленно?
5. В чем заключается основная причина совместного наследования признаков?
6. Что такое группа сцепления?
7. Чему равно количество групп сцепления?
8. Сколько групп сцепления в клетках:
 - 1) сазана ($2n = 104$);
 - 2) таракана ($2n = 48$);
 - 3) осла ($2n = 66$);
 - 4) топинамбура ($2n = 102$)?
9. Какая локализация генов в хромосомах называется цис-положением?
10. Какая локализация генов в хромосомах называется транс-положением?
11. От чего зависит сила сцепления между генами?
12. Какое сцепление называется полным?
13. Какое сцепление называется неполным?
14. Что является причиной нарушения сцепления?
15. Какие гаметы называются кроссоверными?
16. Какие гаметы называются некрроссоверными?
17. Какие типы некрроссоверных и кроссоверных гамет образуются у растений, имеющих гены **A** и **B** в одной, а гены **a** и **B** — в другой хромосоме одной гомологичной пары?
18. Как вычислить процент кроссинговера?

19. Как вычислить силу сцепления между генами?
 20. Какие кроссоверные и некроссоверные гаметы образуют организмы:

$$1) \frac{AB}{ab}; \quad 3) \frac{ABC}{abc}; \quad 5) \frac{aBc}{abc};$$

$$2) \frac{AB}{Ab}; \quad 4) \frac{ABC}{aBc}; \quad 6) \frac{Abc}{abc};$$

21. Что такое морганида?
 22. Почему при сцепленном наследовании соотношение фенотипических классов потомства, полученного от скрещивания, часто отличается от классического менделевского?
 23. Какие типы гамет образуют организмы (кроссинговер отсутствует):

$$1) \frac{AB}{ab} \frac{Cd}{cD}; \quad 3) \frac{ABC}{abc} \frac{DF}{df}; \quad 5) \frac{aB}{ab} \frac{c}{c} \frac{DF}{df};$$

$$2) \frac{AB}{Ab} \frac{C}{c}; \quad 4) \frac{ABC}{aBc} \frac{D}{d} \frac{F}{f}; \quad 6) \frac{Abc}{abc} \frac{DF}{df};$$

24. Какие типы гамет образует организм с генотипом $\frac{AbcDF}{abcdf}$, если:

- 1) сцепление между генами полное;
- 2) происходит одиночный кроссинговер между генами **A** и **B**;
- 3) происходит одиночный кроссинговер между генами **C** и **D**;
- 4) происходит двойной кроссинговер: первый — между генами **A** и **B**; второй — между генами **C** и **D**?

25. Какие типы гамет образует организм с генотипом $\frac{AbcDF}{abcdf}$, если:

- 1) сцепление между генами полное;
- 2) происходит одиночный кроссинговер между генами **A** и **B**;
- 3) происходит одиночный кроссинговер между генами **D** и **F**;

- 4) происходит кроссинговер между генами **A** и **B** и между генами **D** и **F**;
- 5) происходит двойной кроссинговер: первый — между генами **A** и **B**; второй — между генами **B** и **C**, а также кроссинговер между генами **D** и **F**?
26. Определите расстояние между генами **A** и **B**, если при скрещивании дигетерозиготной по этим генам особи с гомозиготным рецессивом получено 16,8% особей с перекombинированными признаками.
27. Расстояние между генами **A** и **B**, расположенными в одной группе сцепления, равно 4,6% кроссинговера. Определите, какие типы гамет и в каком процентном соотношении образуют особи, имеющие генотип $\frac{A B}{a b}$.
28. Из вариантов ответов, предложенных к тестовым заданиям, выберите один верный:
1. *Какое количество типов гамет будет образовываться у особи, имеющей генотип **AaCc**, если гены **AC** и **ac** наследуются сцепленно, а кроссинговер отсутствует?*
 - а) один сорт
 - б) два сорта
 - в) три сорта
 - г) четыре сорта
 2. *Частота кроссинговера зависит:*
 - а) от числа генов в хромосоме
 - б) от расстояния между генами
 - в) от числа хромосом
 - г) ни от чего не зависит
 3. *Причиной нарушения закона Моргана является:*
 - а) расхождение хромосом в анафазу I мейоза
 - б) порядок расположения бивалентов в плоскости экватора
 - в) конъюгация
 - г) кроссинговер
 4. *Какое количество типов гамет будет образовываться у особи, имеющей генотип **AaCc**, если гены **AC** и **ac** наследуются сцепленно, а кроссинговер происходит при образовании 12% кроссоверных гамет?*
 - а) один сорт
 - б) два сорта
 - в) три сорта
 - г) четыре сорта

12. Рекомбинантными называются особи:
- а) любые
 - б) мужского пола
 - в) возникшие с участием некроссоверных гамет
 - г) возникшие с участием кроссоверных гамет
13. Автором хромосомной теории наследственности является:
- а) Г. Мендель
 - б) Т. Морган
 - в) Г. Харди
 - г) Н. И. Вавилов
14. Как называется сцепление генов, если признаки, развитие которых они определяют, всегда наследуются совместно?
- а) полное
 - б) неполное
 - в) частично сцепленное
 - г) случайное
15. Кариотип — это:
- а) совокупность признаков организма
 - б) совокупность генов организма
 - в) совокупность хромосом организма
 - г) число хромосом в клетке
16. Группа сцепления — это:
- а) совокупность генов соматической клетки
 - б) совокупность хромосом гаметы
 - в) гены, локализованные в одной хромосоме
 - г) пары аллельных генов гомологичных хромосом
17. Совокупность хромосом организма называется:
- а) генотип
 - б) фенотип
 - в) кариотип
 - г) геном
18. Сцепление — это:
- а) явление совместного наследования признаков
 - б) явление преобладания у гибридов признака одного из родителей
 - в) влияние одного гена на развитие нескольких признаков
 - г) явление совместного влияния двух неаллельных генов на формирование признака
19. Какое из приведенных ниже положений не является положением хромосомной теории наследственности?
- а) гены расположены в хромосомах в определенной линейной последовательности

- б) при скрещивании двух организмов, относящихся к чистым линиям, все первое поколение гибридов единообразно и несет признак одного из родителей
- в) гены, локализованные в одной хромосоме, наследуются совместно
- г) сцепление генов может нарушаться в процессе кроссинговера

20. В каком порядке расположены гены **A**, **B** и **C** в хромосоме, если между генами **A** и **B** кроссинговер происходит с частотой 4,5%, между генами **B** и **C** — 3,4%, а расстояние между генами **A** и **C** — 7,9% кроссинговера?

- a) ABC b) ACB c) BAC d) CAB

Наследование сцепленных признаков

Задачи на сцепленное наследование решаются аналогично задачам на моно- и дигибридное скрещивание. Однако при сцепленном наследовании гены, контролирующие развитие анализируемых признаков, локализованы в одной хромосоме. Поэтому наследование этих признаков не подчиняется законам Менделя.

Помните, что:

- ♦ Генотипы скрещиваемых особей и гибридов следует писать в хромосомной форме.
- ♦ При записи генотипов следует учитывать расположение генов в хромосомах гомологичной пары (цис- или транс-положение). При цис-положении доминантные аллели генов находятся в одной хромосоме, а рецессивные — в другой. При транс-положении в хромосоме располагаются доминантная аллель одного гена и рецессивная — другого. Если в условии задачи не оговаривается расположение генов, значит, они находятся в цис-положении.
- ♦ При полном сцеплении особь, гетерозиготная по всем рассматриваемым признакам, образует два типа гамет.
- ♦ При неполном сцеплении происходит образование кроссоверных и некрссоверных гамет:
— количество некрссоверных гамет всегда больше, чем кроссоверных;

- организм всегда образует **равное количество разных типов** как кроссоверных, так и некроссоверных гамет;
- процентное соотношение кроссоверных и некроссоверных гамет зависит от расстояния между генами;
- если известно расстояние между генами (в процентах кроссинговера или морганидах), то количество кроссоверных гамет определенного типа можно вычислить по формуле:

$$n = \frac{\% \text{ кроссинговера}}{2}, \quad (2)$$

где n — количество кроссоверных гамет определенного типа;

- если известно количество кроссоверных особей, то процент кроссинговера между генами вычисляют по формуле (1);
 - если рассматриваются признаки, гены которых входят в состав разных групп сцепления, то **вероятность объединения генов** разных групп сцепления в одной гамете равна произведению вероятностей каждого гена, образующего эту гамету.
- ♦ Расщепление гибридов при сцепленном наследовании отличается от расщепления при независимом наследовании. Рассчитываем и записываем формулы расщепления по фенотипу и генотипу только тогда, когда это требуется по условию задачи. **Чтобы определить вероятность появления разных сортов зигот, надо перемножить частоты гамет, образующих эту зиготу.**

❖ Примеры решения задач

Задача 034. У кукурузы признаки желтых проростков, определяемых геном gl , и блестящих листьев — st , наследуются сцепленно и являются рецессивными по отношению к признакам зеленых проростков и матовых листьев. От скрещивания гомозиготных растений кукурузы, имеющих желтые проростки и блестящие листья, с растениями, имеющими зеленые проростки и матовые листья, получили 124 гибрида F_1 . От скрещивания растений F_1 с линией-анализа-

тором получили 726 растений F_a , в том числе 310 с признаками доминантной родительской формы, 287 — рецессивной родительской формы, 129 — кроссоверных по данным генам.

- 1) Сколько типов гамет образует растение F_1 ?
- 2) Какой процент некроссоверных растений может быть среди гибридов F_a ?
- 3) Сколько генотипических классов получено в F_a ?
- 4) Сколько растений F_a (в %) могут дать нерасщепляющееся потомство?
- 5) Какой процент растений F_a может иметь желтые проростки и матовые листья?

Дано:

Gl — зеленые проростки

gl — желтые проростки

St — матовые листья

st — блестящие листья

F_1 — 124 растения

F_a — 726 растений, из них:

310 с зелеными проростками и матовыми листьями;

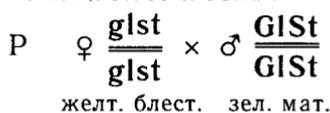
287 с желтыми проростками и блестящими листьями;

129 кроссоверных

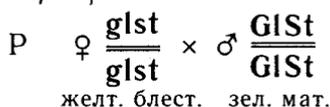
- 1) Сколько типов гамет образует растение F_1 ?
- 2) Какой процент некроссоверных растений может быть среди гибридов F_a ?
- 3) Сколько генотипических классов получено в F_a ?
- 4) Сколько растений F_a (в %) могут дать нерасщепляющееся потомство?
- 5) Какой процент растений F_a может иметь желтые проростки и матовые листья?

Решение:

1. *Записываем схему скрещивания.* Согласно условию задачи, скрещиваемые растения гомозиготны.

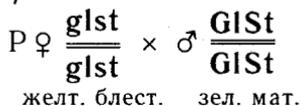


2. *Определяем типы гамет скрещиваемых особей.*

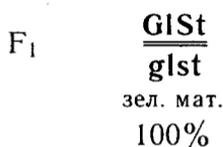


Типы гамет $\frac{\text{glst}}{\text{glst}}$ $\frac{\text{GlSt}}{\text{GlSt}}$

3. *Определяем генотипы и фенотипы потомков F_1 .*



Типы гамет $\frac{\text{glst}}{\text{glst}}$ $\frac{\text{GlSt}}{\text{GlSt}}$



4. Записываем схему анализирующего скрещивания F_1 .

$$P \quad \begin{array}{c} \text{♀} \quad \frac{\underline{\text{GlSt}}}{\text{glst}} \\ \times \quad \text{♂} \quad \frac{\underline{\text{glst}}}{\text{glst}} \end{array}$$

зел. мат. желт. блест.

5. Определяем типы гамет. Потомки F_1 дигетерозиготны, поэтому они образуют по четыре типа гамет, растение линии-анализатора гомозиготно, поэтому образует один тип гамет.

$$P \quad \begin{array}{c} \text{♀} \quad \frac{\underline{\text{GlSt}}}{\text{glst}} \\ \times \quad \text{♂} \quad \frac{\underline{\text{glst}}}{\text{glst}} \end{array}$$

зел. мат. желт. блест.

Типы гамет

GlSt	GlSt	glst
glst	glSt	

некросо- кроссо-
верные верные

6. Получаем потомков F_a .

$$P \quad \begin{array}{c} \text{♀} \quad \frac{\underline{\text{GlSt}}}{\text{glst}} \\ \times \quad \text{♂} \quad \frac{\underline{\text{glst}}}{\text{glst}} \end{array}$$

зел. мат. желт. блест.

Типы гамет

GlSt	GlSt	glst
glst	glSt	

некросо- кроссо-
верные верные

$$F_a \quad \begin{array}{cccc} \frac{\underline{\text{GlSt}}}{\text{glst}} & \frac{\underline{\text{glst}}}{\text{glst}} & \frac{\underline{\text{Glst}}}{\text{glst}} & \frac{\underline{\text{glSt}}}{\text{glst}} \\ \text{зел. мат.} & \text{жел. блест.} & \text{зел. блест.} & \text{жел. мат.} \end{array}$$

7. Проводим анализ скрещивания.

В F_a произошло расщепление. Образовалось четыре генотипических и четыре фенотипических класса — по два класса кроссоверных и некроссоверных растений. Всего в F_a 726 растений. 129 растений кроссоверных. Вычисляем процент кроссинговера по формуле (1):

$$x = \frac{a+b}{n} \cdot 100\% \approx 0,18 \cdot 100\% \approx 18\%$$

Образовалось кроссоверных особей 18% (по 9% каждого класса). Соответственно, некроссоверных особей образовалось 82% (100% – 18%) — по 41% каждого класса. Таким образом, в F_2 произошло расщепление в соотношении: 41% растений с зелеными проростками и матовыми листьями : 41% с желтыми проростками и блестящими листьями : 9% с зелеными проростками и блестящими листьями : 9% с желтыми проростками и матовыми листьями.

8. *Отвечаем на вопросы задачи.*

- 1) Все растения F_1 дигетерозиготны. Поэтому они образуют 4 типа гамет.
- 2) Некроссоверные растения составляют $\approx 82\%$ потомков F_2 .
- 3) В F_2 4 генотипических класса.
- 4) Нерасщепляющееся потомство дают гомозиготные особи по доминантным (41%) и рецессивным (41%) признакам. $41\% + 41\% = 82\%$.
- 5) Желтые проростки и матовые листья будут иметь кроссоверных особей $\approx 9\%$.

Краткая запись решения задачи:

$$P \quad \begin{array}{c} \text{♀} \frac{\underline{\text{glst}}}{\underline{\text{glst}}} \times \text{♂} \frac{\underline{\text{GlSt}}}{\underline{\text{GlSt}}} \\ \text{желт. блест.} \quad \text{зел. мат.} \end{array}$$

Типы гамет $\quad \textcircled{\underline{\text{glst}}} \quad \textcircled{\underline{\text{GlSt}}}$

$$F_1 \quad \begin{array}{c} \underline{\text{GlSt}} \\ \underline{\text{glst}} \\ \text{зел. мат.} \\ 100\% \end{array}$$

$$\begin{array}{c} \text{♀} \frac{\underline{\text{GlSt}}}{\underline{\text{glst}}} \times \text{♂} \frac{\underline{\text{glst}}}{\underline{\text{glst}}} \\ \text{зел. мат.} \quad \text{желт. блест.} \end{array}$$

Типы гамет $\quad \textcircled{\underline{\text{GlSt}}} \quad \textcircled{\underline{\text{Glst}}} \quad \textcircled{\underline{\text{glst}}}$
 $\quad \textcircled{\underline{\text{glst}}} \quad \textcircled{\underline{\text{glSt}}}$

некроссо-верные кроссо-верные

$$F_a \quad \frac{GlSt}{glst} \quad \frac{glst}{glst} \quad \frac{Glst}{glst} \quad \frac{glSt}{glst}$$

зел. мат. жел. блест. зел. блест. жел. мат.

Вычисляем процент кроссинговера по формуле (1):

$$x = \frac{a+b}{n} \cdot 100\% \approx 0,18 \cdot 100\% \approx 18\%$$

18% : 2 = 9% (каждого класса кроссоверных особей).

100% - 18% = 82% (некроссоверных особей)

82% : 2 = 41% (каждого класса некроссоверных особей).

Расщепление F_a : 41% растений с зелеными проростками и матовыми листьями : 41% с желтыми проростками и блестящими листьями : 9% с зелеными проростками и блестящими листьями : 9% с желтыми проростками и матовыми листьями.

1) Растения F_1 образуют 4 типа гамет.

2) Некроссоверные растения составляют $\approx 82\%$ потомков F_a .

3) В F_a 4 генотипических класса.

4) Нерасщепляющееся потомство дают $\approx 82\%$ растений.

5) Желтые проростки и матовые листья могут иметь $\approx 9\%$.

Ответ: 1) 4; 2) $\approx 82\%$; 3) 4; 4) $\approx 82\%$; 5) $\approx 9\%$.

Задача 035. У кукурузы окрашенный эндосперм и гладкий алейрон контролируются доминантными генами C и S , а неокрашенный эндосперм и морщинистый алейрон — их рецессивными аллелями c и s . Эти гены находятся в одной паре гомологичных хромосом, то есть они сцеплены. Поэтому в результате сочетания указанных генов образуется неодинаковое количество гамет: некроссоверных гамет бывает значительно больше, чем кроссоверных. Установлено, что расстояние между генами C и S составляет 3,6% кроссинговера. Определите: 1) какие гаметы и в каком процентном соотношении будут образовывать дигетерозиготное растение кукурузы с окрашенным эндоспермом и гладким алейроном; 2) какое потомство можно получить от скрещивания этого растения с растением, гомозиготным по первому рецессивному признаку и гетерозиготным по второму признаку.

1. *Определяем генотипы скрещиваемых растений.* Гены находятся в цис-положении. Генотип дигетерозиготного растения: $\frac{CS}{cs}$.

Генотип растения, гомозиготного по первому рецессивному признаку и гетерозиготного по второму признаку: $\frac{cS}{cs}$.

2. *Делаем краткую запись условия задачи и решаем ее.*

Дано:

C — окрашенный эндосперм

c — гладкий алейрон

S — неокрашенный эндосперм

s — морщинистый алейрон

C/S — 3,6% кроссинговера

P ♀ $\frac{CS}{cs}$ × ♂ $\frac{cS}{cs}$

окраш. глад. неокраш. морщ.

Гаметы ♀, F₁ — ?

Решение:

3. *Записываем схему скрещивания.*

P ♀ $\frac{CS}{cs}$ × ♂ $\frac{cS}{cs}$

окраш. глад. неокраш. морщ.

4. *Определяем гаметы ♀.* Дигетерозиготное растение образует четыре типа гамет:

(CS) (cs) (Cs) (cS)

Гаметы CS и cs — некроссоверные, гаметы Cs и cS — кроссоверные. Расстояние между генами C/S — 3,6% кроссинговера. Значит, количество кроссоверных гамет, образуемых растением — 3,6%, некроссоверных — 100% — 3,6% = 96,4%.

Два типа кроссоверных гамет образуются в равных количествах: 3,6% : 2 = 1,8%, то есть 1,8% гамет CS и 1,8% гамет cs.

Два типа некроссоверных гамет образуются в равных количествах: 96,4% : 2 = 48,2%, то есть 48,2% гамет Cs и 48,2% гамет cS.

5. *Определяем генотипы и фенотипы потомков F₁.*

P ♀ $\frac{CS}{cs}$ × ♂ $\frac{cS}{cs}$

окраш. глад. неокраш. морщ.

Типы гамет
P

F₁

♀ \ ♂	cS	cs
CS	$\frac{CS}{cS}$ окраш. глад.	$\frac{CS}{cs}$ окраш. глад.
cs	$\frac{cs}{cS}$ неокраш. глад.	$\frac{cs}{cs}$ неокраш. морщ.
Cs	$\frac{Cs}{cS}$ окраш. глад.	$\frac{Cs}{cs}$ окраш. морщ.
cS	$\frac{cS}{cS}$ неокраш. глад.	$\frac{cS}{cs}$ неокраш. глад.

6. *Проводим анализ скрещивания.* В потомстве F₁ произошло расщепление — образовалось четыре фенотипических класса:

- с окрашенным эндоспермом и гладким алейроном;
- с неокрашенным эндоспермом и морщинистым алейроном;
- с окрашенным эндоспермом и морщинистым алейроном;
- с неокрашенным эндоспермом и гладким алейроном.

Соотношение фенотипических классов не указываем, так как этого не требуется в условии задачи.

Краткая запись решения задачи:

♀ $\frac{CS}{cs}$ Типы гамет (CS) (cs) (Cs) (cS)

Кроссоверные гаметы — Cs и cS.

3,6% : 2 = 1,8% (по 1,8% каждого типа).

Некроссоверные гаметы — CS и cs.

100% - 3,6% = 96,4% (всего).

96,4% : 2 = 48,2% (по 48,2% каждого типа).

P

♀ $\frac{CS}{cs}$	×	♂ $\frac{cS}{cs}$
окраш. глад.		неокраш. морщ.

Гаметы P

F₁

♀ \ ♂	cS	cs
CS	$\frac{\underline{\underline{CS}}}{cS}$ окраш. глад.	$\frac{\underline{\underline{CS}}}{cs}$ окраш. глад.
cs	$\frac{cs}{\underline{\underline{cS}}}$ неокраш. глад.	$\frac{cs}{\underline{\underline{cs}}}$ неокраш. морщ.
Cs	$\frac{\underline{\underline{Cs}}}{cS}$ окраш. глад.	$\frac{\underline{\underline{Cs}}}{cs}$ окраш. морщ.
cS	$\frac{cS}{\underline{\underline{cS}}}$ неокраш. глад.	$\frac{cS}{\underline{\underline{cs}}}$ неокраш. глад.

В потомстве F₁ произошло расщепление — образовалось четыре фенотипических класса:

- с окрашенным эндоспермом и гладким алейроном;
- с неокрашенным эндоспермом и морщинистым алейроном;
- с окрашенным эндоспермом и морщинистым алейроном;
- с неокрашенным эндоспермом и гладким алейроном.

Ответ: 1) растение образует некроссоверные гаметы — CS и cs по 48,2% каждого типа и кроссоверные гаметы — Cs и cS по 1,8% каждого типа.

2) В потомстве F₁ произошло расщепление — образовалось четыре фенотипических класса:

- с окрашенным эндоспермом и гладким алейроном;
- с неокрашенным эндоспермом и морщинистым алейроном;
- с окрашенным эндоспермом и морщинистым алейроном;
- с неокрашенным эндоспермом и гладким алейроном.

Задача 036. У кукурузы гены, обуславливающие скрученные листья (сг) и карликовость (d), локализованы в третьей хромосоме на расстоянии 18% морганид, а гены

устойчивости к ржавчине (**Rp**) и узких листьев (**Nl**) — в десятой хромосоме на расстоянии 24 морганид. Растение, гомозиготное по доминантным аллелям **Cr**, **D**, **Rp** и **Nl**, скрестили с растением, гомозиготным по рецессивным аллелям этих генов. Определите: 1) какие типы гамет и в каком соотношении может образовать растение F₁; 2) какой процент гомозиготных карликовых, устойчивых к ржавчине, с нормальными листьями растений можно ожидать в F₂.

1. *Определяем генотипы скрещиваемых растений.* Гены **Cr** и **D** относятся к одной группе сцепления, **Rp** и **Nl** — к другой. Растения гомозиготны. Значит, имеют генотипы:

$$\text{♀ } \frac{\text{CrD}}{\text{CrD}} \frac{\text{RpNl}}{\text{RpNl}} \quad \text{и} \quad \text{♂ } \frac{\text{crd}}{\text{crd}} \frac{\text{rpnl}}{\text{rpnl}}$$

2. *Делаем краткую запись условия задачи и решаем ее.*

Дано:

Cr — нормальные листья

cr — скрученные листья

D — нормальный рост

d — карликовость

Rp — устойчивость

к ржавчине

rp — восприимчивость

к ржавчине

Nl — узкие листья

nl — нормальные листья

Cr/D — 18 морганид (3 хр.)

Rp/Nl — 24 морганиды

(10 хр.)

$$\text{♀ } \frac{\text{CrD}}{\text{CrD}} \frac{\text{RpNl}}{\text{RpNl}} \times \text{♂ } \frac{\text{crd}}{\text{crd}} \frac{\text{rpnl}}{\text{rpnl}}$$

норма устойч. скруч. воспр.
норма узкие карлик норма

Решение:

3. *Записываем схему скрещивания.*

$$\text{♀ } \frac{\text{CrD}}{\text{CrD}} \frac{\text{RpNl}}{\text{RpNl}} \times \text{♂ } \frac{\text{crd}}{\text{crd}} \frac{\text{rpnl}}{\text{rpnl}}$$

норма устойч. скруч. воспр.
норма узкие карлик норма

4. *Определяем гаметы P.*

Растения гомозиготны, поэтому они образуют по одному типу гамет:

$$\text{♀ } \frac{\text{CrD}}{\text{CrD}} \frac{\text{RpNl}}{\text{RpNl}} \times \text{♂ } \frac{\text{crd}}{\text{crd}} \frac{\text{rpnl}}{\text{rpnl}}$$

норма устойч. скруч. воспр.
норма узкие карлик норма

CrDRpNl

crdrpnl

1) Гаметы F₁ — ?

2) % гомозиготных карликовых, устойчивых к ржавчине, с нормальными листьями растений в F₂ — ?

5. Получаем гибридов F_1 .

$$\begin{array}{c}
 \text{P} \qquad \quad \text{♀} \quad \frac{\text{CrD}}{\text{CrD}} \quad \frac{\text{RpNI}}{\text{RpNI}} \quad \times \quad \text{♂} \quad \frac{\text{crd}}{\text{crd}} \quad \frac{\text{rpnl}}{\text{rpnl}} \\
 \qquad \qquad \qquad \text{норма устойчив.} \quad \text{скруч. воспр.} \\
 \qquad \qquad \qquad \text{норма узкие} \quad \text{карлик норма} \\
 \\
 \qquad \qquad \qquad \text{CrDRpNI} \qquad \qquad \text{crdrpnl}
 \end{array}$$

$$\begin{array}{c}
 \text{F}_1: \qquad \qquad \frac{\text{CrD}}{\text{crd}} \quad \frac{\text{RpNI}}{\text{rpnl}} \\
 \qquad \qquad \qquad \text{норма устойчив.} \\
 \qquad \qquad \qquad \text{норма узкие} \\
 \qquad \qquad \qquad 100\%
 \end{array}$$

6. Определяем гаметы гибридов F_1 . В каждой паре гомологичных хромосом при образовании гамет происходит кроссинговер, что приводит к образованию кроссоверных и некроссоверных гамет. Рассмотрим каждую пару хромосом по отдельности.

Сила сцепления между генами **Cr** и **D** 18%. Значит, может образоваться 18% кроссоверных гамет (9% с сочетанием генов **Crd** и 9% — **crD**). Некроссоверных гамет может образоваться 82% (41% **CrD** и 41% **crd**).

Сила сцепления между генами **Cr** и **D** 24%. Значит, может образоваться 24% кроссоверных гамет (12% с сочетанием генов **Crd** и 12% — **crD**). Некроссоверных гамет может образоваться 76% (38% **CrD** и 38% **crd**).

Таким образом, сочетание генов в хромосомах может быть следующим:

Некроссоверные:		Кроссоверные:	
CrD — 41%	RpNI — 38%	Crd — 9%	Rpnl — 12%
crd — 41%	rpnl — 38%	crD — 9%	rpNI — 12%

Во время мейоза хромосомы расходятся случайно и равновероятно и могут образовывать все возможные комбинации. Соответственно, и гены в гаметах могут образовывать все возможные сочетания. Согласно теории вероятности, вероятность того, что два независимых явления или события произойдут одновременно, равна

произведению вероятностей каждого из них. Чтобы определить вероятность объединения генов в одной гамете, нужно перемножить соответствующие частоты генов. Таким образом, возможны следующие гаметы у гибридов F_1 :

- 1) $CrDRpNI = 0,41 \cdot 0,38 = 0,1558$, или 15,58%;
- 2) $crdRpNI = 0,41 \cdot 0,38 = 0,1558$, или 15,58%;
- 3) $CrdRpNI = 0,09 \cdot 0,38 = 0,0342$, или 3,42%;
- 4) $crDRpNI = 0,09 \cdot 0,38 = 0,0342$, или 3,42%;
- 5) $CrDrpnl = 0,41 \cdot 0,38 = 0,1558$, или 15,58%;
- 6) $crdrpnl = 0,41 \cdot 0,38 = 0,1558$, или 15,58%;
- 7) $Crdrpnl = 0,09 \cdot 0,38 = 0,0342$, или 3,42%;
- 8) $crDrpnl = 0,09 \cdot 0,38 = 0,0342$, или 3,42%;
- 9) $CrDRpnl = 0,41 \cdot 0,12 = 0,0492$, или 4,92%;
- 10) $crdRpnl = 0,41 \cdot 0,12 = 0,0492$, или 4,92%;
- 11) $CrdRpnl = 0,09 \cdot 0,12 = 0,0108$, или 1,08%;
- 12) $crDRpnl = 0,09 \cdot 0,12 = 0,0108$, или 1,08%;
- 13) $CrDrpNI = 0,41 \cdot 0,12 = 0,492$, или 4,92%;
- 14) $crdrpNI = 0,41 \cdot 0,12 = 0,492$, или 4,92%;
- 15) $CrdrpNI = 0,09 \cdot 0,12 = 0,0108$, или 1,08%;
- 16) $crDrpNI = 0,09 \cdot 0,12 = 0,0108$, или 1,08%.

Гибриды F_1 могут образовывать 16 типов гамет.

7. *Определение вероятности появления гомозиготных карликовых, устойчивых к ржавчине и имеющих нормальные листья растений в F_2 .* Вероятность появления потомства с заданными признаками можно определить двумя способами: 1) с помощью решетки Пеннета; 2) алгебраически. Воспользуемся вторым способом. Растения с заданными признаками будут развиваться из зигот, образовавшихся в результате слияния мужских и женских гамет **CrdRpNI**. Вероятность образования таких зигот равна произведению частот соответствующих гамет. Вероятность образования гамет **CrdRpNI** — 0,342. Следовательно, вероятность появления в F_2 растений с нужными признаками равна: $0,0342 \cdot 0,0342 \approx 0,0012$, или 0,12%.

Краткая запись решения задачи:

$$\begin{array}{c}
 P \\
 \text{♀} \quad \frac{\text{CrD}}{\text{CrD}} \frac{\text{RpNI}}{\text{RpNI}} \times \text{♂} \quad \frac{\text{crd}}{\text{crd}} \frac{\text{rpnl}}{\text{rpnl}} \\
 \text{норма устойч.} \quad \text{скруч. воспр.} \\
 \text{норма узкие} \quad \text{карлик норма} \\
 \text{CrDRpNI} \quad \text{crdrpnl}
 \end{array}$$

$$\begin{array}{c}
 F_1: \\
 \frac{\text{CrD}}{\text{crd}} \frac{\text{RpNI}}{\text{rpnl}} \\
 \text{норма устойч.} \\
 \text{норма узкие} \\
 100\%
 \end{array}$$

Сочетание генов в хромосомах может быть следующим:

Некроссоверные:

Кроссоверные:

$$\begin{array}{ll}
 \text{CrD} — 41\% & \text{RpNI} — 38\% \\
 \text{crd} — 41\% & \text{rpnl} — 38\%
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{ll}
 \text{Crd} — 9\% & \text{Rpnl} — 12\% \\
 \text{crD} — 9\% & \text{rpNI} — 12\%
 \end{array}$$

Возможно образование следующих гамет у гибридов F_1 :

- 1) $\text{CrDRpNI} = 0,41 \cdot 0,38 = 0,1558$, или 15,58%;
- 2) $\text{crdRpNI} = 0,41 \cdot 0,38 = 0,1558$, или 15,58%;
- 3) $\text{CrdRpNI} = 0,09 \cdot 0,38 = 0,0342$, или 3,42%;
- 4) $\text{crDRpNI} = 0,09 \cdot 0,38 = 0,0342$, или 3,42%;
- 5) $\text{CrDrpnl} = 0,41 \cdot 0,38 = 0,1558$, или 15,58%;
- 6) $\text{crdrpnl} = 0,41 \cdot 0,38 = 0,1558$, или 15,58%;
- 7) $\text{Crdrpnl} = 0,09 \cdot 0,38 = 0,0342$, или 3,42%;
- 8) $\text{crDrpnl} = 0,09 \cdot 0,38 = 0,0342$, или 3,42%;
- 9) $\text{CrDRpnl} = 0,41 \cdot 0,12 = 0,0492$, или 4,92%;
- 10) $\text{crdRpnl} = 0,41 \cdot 0,12 = 0,0492$, или 4,92%;
- 11) $\text{CrdRpnl} = 0,09 \cdot 0,12 = 0,0108$, или 1,08%;
- 12) $\text{crDRpnl} = 0,09 \cdot 0,12 = 0,0108$, или 1,08%;
- 13) $\text{CrDrpNI} = 0,41 \cdot 0,12 = 0,492$, или 4,92%;
- 14) $\text{crdrpNI} = 0,41 \cdot 0,12 = 0,492$, или 4,92%;
- 15) $\text{CrdrpNI} = 0,09 \cdot 0,12 = 0,0108$, или 1,08%;
- 16) $\text{crDrpNI} = 0,09 \cdot 0,12 = 0,0108$, или 1,08%.

Растения с заданными признаками будут развиваться из зигот, образовавшихся в результате слияния мужских и женских гамет CrdRpNI . Вероятность образования

таких зигот равна произведению частот соответствующих гамет. Вероятность образования гамет CrdRpNI — 0,342. Следовательно, вероятность появления в F_2 растений с нужными признаками равна:

$$0,0342 \cdot 0,0342 \approx 0,0012, \text{ или } 0,12\%.$$

- Ответ:** 1) гаметы F_1 : CrDRpNI — 15,58%; crdRpNI — 15,58%; CrdRpNI — 3,42%; crDRpNI — 3,42%; CrDrpnl — 15,58%; crdrpnl — 15,58%; CrdRpnl — 3,42%; crDrpnl — 3,42%; CrDRpnl — 4,92%; crdRpnl — 4,92%; CrdRpnl — 1,08%; crDRpnl — 1,08%; CrDrpNI — 4,92%; crdrpNI — 4,92%; CrdRpNI — 1,08%; $\text{crDrpNI} = 1,08\%$;
- 2) вероятность появления в F_2 нерасщепляющихся карликовых, устойчивых к ржавчине и имеющих нормальные листья растений $\approx 0,0012$, или 0,12%.

◆ Задачи для самостоятельного решения

Задача 168. У кукурузы признаки блестящих (gl) и надрезанных (st) листьев являются рецессивными по отношению к матовым (Gl) и нормальной формы листьям (St) и наследуются сцепленно. От скрещивания линий кукурузы с блестящими надрезанными листьями и матовыми нормальной формы листьями получили 116 растений F_1 . От скрещивания растений F_1 с линией-анализатором получили 726 гибридов, из которых 92 были кроссоверными между генами gl и st .

- 1) Сколько растений F_1 имели матовые нормальной формы листья?
- 2) Сколько растений F_a имели матовые надрезанные листья?
- 3) Сколько растений F_a могли иметь такой же фенотип, как и растения F_1 ?
- 4) Сколько разных генотипов было в F_a ?
- 5) Сколько растений F_a могут быть гомозиготными?

Задача 169. У кукурузы в III хромосоме локализованы аллели, определяющие характер листовой пластинки:

рецессивный ген **сг** — скрученные листья, доминантный ген **Сг** — нормальные листья, и аллели, определяющие высоту растения: доминантный ген **D**, обуславливающий нормальную высоту, и ген **d** — карликовость. От скрещивания растения нормальной высоты с нормальной листовой пластинкой с растением, имеющим скрученные листья и карликовый рост, получили в F_1 12 гибридов, а от скрещивания их с линией-анализатором — 800 растений, из которых 36 были карликовыми с нормальными листьями.

- 1) Сколько растений F_a могут иметь оба признака в доминантном состоянии?
- 2) Какой процент растений F_a может иметь оба признака в рецессивном состоянии?
- 3) Сколько процентов растений F_a могут быть карликовыми с нормальными листьями?
- 4) Сколько растений F_a могут быть карликовыми со скрученными листьями?
- 5) Сколько разных генотипов может быть в F_a ?

Задача 170. У кукурузы во II хромосоме локализованы гены лигульности и характера поверхности листьев. Доминантный ген **Lg⁺** обуславливает развитие лигулы, рецессивный ген **lg** — безлигульность, доминантный ген **Lgs** — матовую поверхность листьев, **lgs** — глянцевые листья. От скрещивания гомозиготного безлигульного растения, имеющего матовые листья, с гомозиготным лигульным растением, имеющим глянцевые листья, получили 120 растений F_1 . От скрещивания растений F_1 с линией-анализатором получили 799 гибридов, из которых 64 — лигульные с матовыми листьями.

- 1) Сколько растений F_1 могут быть гомозиготными?
- 2) Сколько растений F_a были некриссоверными?
- 3) Сколько растений F_a могут иметь лигулу и глянцевые листья (%)?
- 4) Сколько растений F_a могут быть безлигульными с матовыми листьями (%)?
- 5) Сколько растений F_a могут иметь лигулы и матовые листья (%)?

Задача 171. У кукурузы ген **br**, обуславливающий проявление рецессивного признака «укороченные междоузлия», и ген **vg**, обуславливающий рецессивный признак «зачаточная метелка», локализованы в I хромосоме. Расстояние между ними равно 4% кроссинговера. При скрещивании линии, имеющей укороченные междоузлия и нормальную метелку, с линией, имеющей нормальные междоузлия и зачаточную метелку, в F_1 получили 120 растений. От скрещивания их с линией-анализатором в F_a получили 800 растений.

- 1) Сколько растений F_1 могут иметь оба признака в доминантном состоянии?
- 2) Сколько растений F_a могут иметь укороченные междоузлия и нормальную метелку?
- 3) Сколько растений F_a могут быть с нормальными междоузлиями и нормальной метелкой (%)?
- 4) Сколько растений F_a могут иметь оба признака в доминантном состоянии?
- 5) Сколько растений F_a могут иметь оба признака в рецессивном состоянии (%)?

Задача 172. У дрозофилы во II хромосоме локализованы гены формы крыла и наличия пятна у основания крыла. Ген **A** контролирует прямые крылья, рецессивный ген **a** — аркообразные крылья, ген **Sp** — отсутствие пятна, рецессивный ген **sp** — наличие пятна у основания крыла. При скрещивании мух с аркообразными крыльями без пятна у основания с мухами, имеющими прямые крылья и пятно у основания крыла, получили 124 мухи F_1 . От скрещивания их с мухами, имеющими оба признака в рецессивном состоянии, получили 1000 мух, из которых 41 имела оба признака в рецессивном состоянии.

- 1) Сколько разных генотипов могут иметь мухи F_1 ?
- 2) Сколько мух F_a могут иметь оба признака в доминантном состоянии?
- 3) Сколько мух F_a могут иметь оба признака в рецессивном состоянии (%)?
- 4) Сколько мух F_a могут иметь оба признака в доминантном состоянии (%)?

5) Сколько мух F_2 могут иметь те же признаки, что и исходные родительские особи?

Задача 173. У кукурузы окрашенный эндосперм и гладкий алейрон контролируются доминантными генами C и S , а неокрашенный эндосперм и морщинистый алейрон — их рецессивными аллелями c и s . Эти гены находятся в одной паре гомологичных хромосом, то есть они сцеплены. Поэтому в результате сочетания указанных генов образуется неодинаковое количество гамет: некроссоверных гамет бывает значительно больше, чем кроссоверных. Установлено, что расстояние между генами C и S составляет 3,6 единицы кроссинговера. Какое потомство и в каком соотношении можно ожидать от скрещивания дигетерозиготного растения кукурузы с окрашенным эндоспермом и гладким алейроном с гомозиготным по рецессивным признакам растением?

Задача 174. У гороха желтая окраска семян определяется геном A , зеленая — a , гладкая форма семян — B , морщинистая — b , наличие у растения усиков — C , их отсутствие — c . От скрещивания растений с генотипами ♀ $AaBb$ × ♂ $aabb$ получено потомство: 26% с генотипом $AaBb$, 27% — $Aabb$, 23% — $aaBb$ и 24% — $aabb$. При скрещивании растений с генотипами ♀ $BbCc$ × ♂ $bbcc$ получено потомство с генотипами 49% $BbCc$ и 51% — $bbcc$. Определите: 1) какие гены относятся к одной группе сцепления; 2) какой фенотип будут иметь потомки от следующих скрещиваний: а) ♀ $AaCc$ × ♂ $aaCc$; б) ♀ $bbCc$ × ♂ $BbCc$; в) ♀ $AaBbCc$ × ♂ $aabbCc$.

Задача 175. У человека врожденное заболевание глаз — катаракта (C) и одна из форм анемий — эллиптоцитоз (E) наследуются сцепленно, как аутомсомно-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?

Задача 176. У дрозофилы гены, обуславливающие длину крыльев и ног, локализованы во II хромосоме. От скрещивания мух, имеющих короткие крылья и нормальные

ноги, с мухами, имеющими нормальные крылья и короткие ноги, получили 96 гибридов F_1 . Все они имели нормальные крылья и ноги. Определите: 1) какие признаки являются доминантными; 2) какое потомство можно получить от возвратного скрещивания гибридов F_1 с материнской особью (кроссинговер отсутствует).

Задача 177. У кукурузы гены, обуславливающие скрученные листья (cr) и карликовость (d) наследуются сцепленно. Расстояние между ними 18 морганид. Скрещивали растения $CrCrdd$ и $crcrDD$. Определите: 1) генотипы и фенотипы растений F_1 ; 2) ожидаемое соотношение фенотипических классов в F_2 (потомство от анализирующего скрещивания гибридов F_1).

Задача 178. У кроликов английский тип окраски шерсти (белая пятнистость) доминирует над сплошной, а короткая шерсть — над длинной (ангорской). От скрещивания кроликов, имевших оба доминантных признака, с кроликами, имевшими сплошной тип окраски и длинную шерсть, в F_1 получили 124 гибрида, а в результате анализирующего скрещивания — 468 животных F_2 , из которых 48 кроссоверных.

- 1) Какое потомство и в каком процентном соотношении можно ожидать от скрещивания гибридов F_1 между собой?
- 2) Какое потомство и в каком процентном соотношении можно ожидать от анализирующего скрещивания гибридов F_1 ?
- 3) Какова вероятность появления крольчат с длинной шерстью и сплошной окраской от скрещивания дигетерозиготной самки с гомозиготным по рецессивным признакам самцом?
- 4) Какова вероятность появления крольчат с длинной пятнистой шерстью от скрещивания двух дигетерозиготных кроликов?
- 5) Какова вероятность появления крольчат с короткой пятнистой шерстью от скрещивания гетерозиготной по окраске и гомозиготной по доминантному аллелю гена, контролирующего длину шерсти, самки с гете-

розиготным по длине шерсти и гомозиготным по рецессивной аллели гена, контролирующего характер окраски шерсти, самцом?

- 6) Какова вероятность появления крольчат с длинной шерстью и сплошной окраской от скрещивания дигетерозиготной самки с гетерозиготным по окраске и гомозиготным по доминантной аллели гена, контролирующего длину шерсти, самцом?

Определение расстояния между генами и порядка их расположения в хромосоме

Основные этапы решения задач

1. Внимательно прочтите условие задачи. Используя генетическую символику, запишите ее условие, указав (в зависимости от условия) генотипы или фенотипы скрещиваемых особей, расщепление потомства или количество потомков от скрещивания, обладающих определенными признаками.
2. Определите (если необходимо), сцепленно ли наследуются признаки и соответствующие им гены. **Помните, что на сцепленное наследование указывает характер расщепления потомства (расщепление отличается от менделевского).**
3. Определите (если необходимо), в цис- или транс-положении находятся гены. **Помните, что количество кроссоверных особей всегда больше, чем некроссоверных. Следовательно, если основная масса потомства образовалась в результате слияния гамет, несущих хромосомы с доминантными или рецессивными генами, значит, эти гены находятся в цис-положении. Если же основная масса потомства образовалась в результате слияния гамет, несущих хромосомы, в которых находится доминантная аллель одного гена и рецессивная другого, значит, эти гены находятся в транс-положении.**
4. Определите расстояние между генами. **Помните, что:**
 - 1) расстояние между генами выражается либо в % кроссинговера, либо в морганидах;

- 2) расстояние между генами равно количеству особей с рекомбинированными признаками (генами):
- а) если число рекомбинантных особей дано в процентах, то расстояние между генами равно сумме количества этих особей, выраженного в процентах;
 - б) если число рекомбинантных особей дано в штуках, то расстояние между генами равно отношению суммы этих особей к общему количеству особей потомства, выраженного в процентах (формула (1)).

5. Дайте ответы на вопросы задачи.

❖ Примеры решения задач

Задача 037. Дигетерозиготная по генам **C** и **D** самка дрозофилы скрещена с рецессивным самцом. В потомстве было получено расщепление в соотношении: 43,5% **CcDd**; 6,5% **Ccdd**; 6,5% **ccDd**; 43,5% **ccdd**. Определите: 1) в цис- или транс-положении находятся гены **C** и **D**; 2) расстояние между генами **C** и **D** в морганидах.

Дано:

Р ♀ — дигетерозигота
 ♂ — двойной рецессив
 F₁: **CcDd** — 43,5%;
 Ccdd — 6,5%;
 CcDd — 6,5%;
 Ccdd — 43,5%

- 1) Положение генов **C** и **D** в хромосоме — ?
- 2) Расстояние между генами **C** и **D** в морганидах — ?

Решение:

1. *Определяем положение генов в хромосоме.* Самец — двойной рецессив, значит, образует один тип гамет. Самка дигетерозиготная, значит, образует четыре типа гамет.

В потомстве наблюдается расщепление в соотношении 43,5:6,5:6,5:43,5.

Характер расщепления указывает на то, что: 1) гены **C** и **D** наследуются сцепленно; 2) часть гамет самки содержит хромосомы, претерпевшие кроссинговер. Некроссоверные гаметы самки — **CD** и **cd**, кроссоверные — **Cd** и **cD**. Некроссоверных гамет всегда образуется больше, чем кроссоверных. 43,5% гамет самки содержат гены **C** и **D**, 43,5% — **c** и **d**. Значит, гены **C** и **D** находятся

в одной хромосоме, а гены c и d — в другой хромосоме той же пары, то есть гены находятся в цис-положении.

2. *Определяем расстояние между генами С и D.* Расстояние между генами C и D равно количеству особей с перекombинированными признаками (генами). Таких особей образовалось 13% (6,5% + 6,5%), то есть расстояние между генами C и D — 13% кроссинговера, или 13 морганид.

Краткая запись решения задачи:

Некроссоверных гамет самки больше, значит, гены C и D находятся в одной хромосоме, а гены c и d — в другой хромосоме той же пары, то есть гены находятся в цис-положении.

$$6,5\% + 6,5\% = 13\%, \text{ или } 13 \text{ морганид.}$$

- Ответ:** 1) гены C и D находятся в цис-положении;
2) расстояние между генами C и D — 13 морганид.

Задача 038. У дрозофилы во II хромосоме локализованы гены, обуславливающие длину крыльев и ног. Доминантный ген dp^+ обуславливает развитие нормальных крыльев, аллель dp^- — коротких, доминантный ген d^+ — нормальную длину ног, d^- — короткие ноги. От скрещивания дигетерозиготных мух, имеющих нормальные крылья и ноги, с мухами, имеющими оба признака в рецессивном состоянии, получили 840 мух, из которых 27 имели оба доминантных признака и 30 — оба рецессивных (рекомбинантные особи). Определите расстояние между генами dp^+ и d^+ в % кроссинговера.

Дано:

P ♀ — дигетерозигота

♂ — двойной рецессив

F_2 : 840 мух, из них 27 с доминантными признаками и 30 с рецессивными

Расстояние между dp^+ и d^+ — ?

Решение:

Расстояние между генами определяем по формуле (1):

$$\frac{27 + 30}{840} \cdot 100\% \approx 6,8\%$$

Ответ: расстояние между генами $\approx 6,8\%$.

✦ Задачи для самостоятельного решения

Задача 179. У томатов гены **V** (высокий) и **v** (карликовый), **C** (округлые плоды) и **c** (грушевидные плоды) локализованы в одной паре гомологичных хромосом. При скрещивании дигетерозиготного растения с гомозиготным рецессивом получено следующее расщепление потомства по фенотипу: высоких с округлыми плодами — 38, высоких с грушевидными плодами — 10, карликовых с округлыми плодами — 10, карликовых с грушевидными плодами — 42. Определите расстояние между генами **V** и **C**.

Задача 180. У кукурузы гены **br**, **wx** локализованы в IX хромосоме. Эти гены являются рецессивными по отношению к норме и обуславливают развитие следующих признаков зерновки: **br** — коричневую окраску перикарпа, **wx** — восковидный эндосперм. В F_2 получили 600 растений, из которых 281 имели доминантные признаки; 298 — рецессивные; 9 — зерновки с коричневым перикарпом и нормальным эндоспермом; 12 — зерновки с нормальным перикарпом и восковидным эндоспермом. Определите расстояние между генами **br** и **wx** в морганидах.

Задача 181. У кукурузы признаки блестящих (**gl**) и надрезанных (**st**) листьев являются рецессивными по отношению к матовым (**Gl**) и нормальной формы листьям (**St**) и наследуются сцепленно. От скрещивания линий кукурузы с блестящими надрезанными листьями и матовыми нормальной формы листьями получили 116 растений F_1 . От скрещивания растений F_1 с линией-анализатором получили 726 гибридов, из которых 45 растений имели матовые и надрезанные листья. Определите расстояние между генами **gl** и **st**.

Задача 182. У кукурузы окрашенный эндосперм и гладкий алейрон контролируются доминантными генами **C** и **S**, а неокрашенный эндосперм и морщинистый алейрон — их рецессивными аллелями **c** и **s**. При скрещивании растений кукурузы, у одного из которых был окрашенный эндосперм и гладкий алейрон, а у другого — неокрашенный эндосперм и морщинистый алейрон, получено потомство, 96,4% кото-

рого составляли нерекомбинантные особи. Определите расстояние между генами **C** и **S**.

Задача 183. У кукурузы гены, определяющие окраску и форму семян, локализованы в одной хромосоме. При скрещивании растения кукурузы с гладкими окрашенными семенами с растением, имеющим морщинистые неокрашенные семена, все растения F_1 имели гладкие и окрашенные семена. От анализирующего скрещивания гибридов F_1 получено 4152 растения с гладкими окрашенными семенами, 149 — с морщинистыми окрашенными, 152 — с гладкими неокрашенными и 4166 — с морщинистыми неокрашенными. Определите: 1) какие признаки являются доминантными; 2) в цис- или транс-положении находятся гены формы и окраски семян; 3) расстояние между этими генами.

Задача 184. При скрещивании гетерозиготной по генам **A** и **B** самки дрозофилы с рецессивным самцом получено 8,2% особей с перекомбинированными признаками, а при скрещивании самки, гетерозиготной по генам **M** и **N**, с рецессивным самцом — 10,4%. Определите, на сколько процентов кроссинговера расстояние между генами **M** и **N** больше расстояния между генами **A** и **B**?

Задача 185. Скрещены две пары дрозофил. Самки гетерозиготны по генам **A** и **B**, а самцы рецессивны по этим генам. В потомстве получено следующее соотношение классов: первое скрещивание — 41,5% **AaBb** : 8,5% **Aabb** : 8,5% **aaBb** : 41,5% **aabb**; второе скрещивание — 41,5% **Aabb** : 8,5% **AaBb** : 8,5% **aabb** : 41,5% **aaBb**. Определите: 1) в цис- или транс-положении находятся гены **A** и **B**; 2) расстояние между генами **A** и **B** в процентах кроссинговера у самок в первом и втором скрещиваниях.

Картирование хромосом

Основные этапы решения задач

1. Внимательно прочтите условие задачи. Используя генетическую символику, запишите ее условие, указав пары

генов и расстояния между ними или расщепление потомства.

2. Если в задаче дано расщепление потомства, определите расстояние между генами. **Помните, что между хромосомами может происходить как одинарный, так и множественный кроссинговер.** Для этого:
 - ♦ определите, какие особи являются кроссоверными, а какие — некроссоверными. Помните, что количество кроссоверных особей всегда больше, чем некроссоверных;
 - ♦ определите, между какими генами произошел кроссинговер и каково количество кроссоверных особей по этой паре генов;
 - ♦ определите частоту кроссинговера между генами. Помните, что: 1) при одинарном кроссинговере частоту можно определить, пользуясь формулой (2); 2) расстояние между двумя крайними генами при одинарном кроссинговере равно сумме расстояния от одного крайнего гена до гена-маркера и расстояния от гена-маркера до другого крайнего гена; 3) при наличии двойного кроссинговера расстояние между генами равно сумме процентов одинарных кроссинговеров и удвоенного процента двойных кроссинговеров.
3. Нарисуйте прямую линию, условно показывающую участок хромосомы. **Помните, что гены в хромосоме располагаются линейно.** При составлении карты старайтесь соблюдать масштаб.
4. Определите крайние гены и нанесите их на карту. **Помните, что: чем больше процент кроссинговера, тем дальше отстоят друг от друга гены в хромосоме.**
5. Проанализируйте расположение других генов и нанесите их на карту.
6. Дайте ответ на вопрос задачи.

✧ Примеры решения задач

Задача 039. Составьте карту хромосомы, содержащую гены А, В, С, D, 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 D — 2%, Е и D — 4%.

Дано:

C/E — 10%;
C/A — 1%;
A/E — 9%;
B/E — 6%;
A/B — 3%;
B/D — 2%;
E/D — 4%.

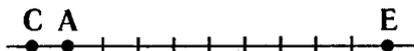
Решение:

1. *Определяем крайние гены в хромосоме и наносим их на карту.* Самая большая частота кроссинговера между генами C и E, значит, эти гены являются крайними.

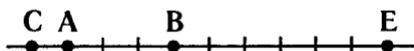


Карта хромосомы — ?

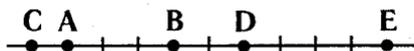
2. *Анализируем положение других генов.* На расстоянии 1% кроссинговера находится ген A. Его расстояние от гена E 9%. Значит, он находится между генами A и E. Наносим этот ген на карту.



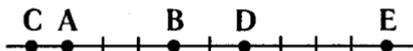
Ген B находится на расстоянии 3% кроссинговера от гена A и 6% — от гена E, то есть он находится между генами A и E.



Расстояние от гена D до гена B — 2% кроссинговера, а до гена E — 4%.



Ответ: карта хромосомы:



Задача 040. Растение кукурузы, гетерозиготное по трем парам генов, скрестили с растением, гомозиготным по рецессивным аллелям этих генов. В полученном потомстве наблюдалось следующее соотношение:

A_B_C_ 113, aabbC_ 64, aabbcc 105,
A_B_cc 70, A_bbC_ 17, aaB_cc 21.

Определите порядок расположения этих генов в хромосоме и расстояние между ними в процентах кроссинговера.

Дано:

$A_B_C_ — 113;$

$A_B_cc — 70;$

$aabbC_ — 64;$

$A_bbC_ — 17;$

$aabbcc — 105;$

$aaB_cc — 21.$

Порядок генов в хромосоме, расстояние между ними — ?

Решение:

1. *Определяем, какие особи являются кроссоверными и некроссоверными. Некроссоверных особей всегда образуется больше, чем кроссоверных. Поэтому кроссоверными являются особи с генотипами $A_B_C_ и aabbcc$. Остальные особи — некроссоверные.*

2. *Определяем, между какими генами произошел кроссинговер у кроссоверных особей. У особей с генотипами B_aacc и $bbA_C_$ произошел кроссинговер между генами A и B (кроссоверы I), а у особей с генотипами B_A_cc , $bbaaC_ —$ между генами B и C (кроссоверы II).*

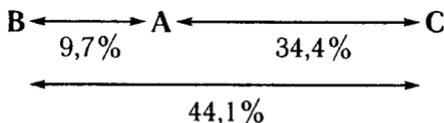
3. *Определяем частоту кроссинговера между генами. Для этого используем формулу (1).*

$$\text{Частота перекреста } B/A = \frac{17 + 21}{390} \cdot 100\% = 9,7\%.$$

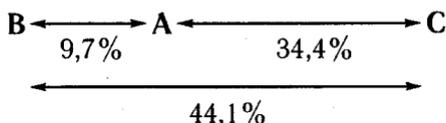
$$\text{Частота перекреста } A/C = \frac{64 + 70}{390} \cdot 100\% = 34,4\%.$$

$$\text{Частота перекреста } B/C = \frac{17 + 21 + 64 + 70}{390} \cdot 100\% = 44,1\%.$$

4. *Определяем порядок расположения генов. Расстояние между генами B и C самое большое. Значит, они являются крайними. Ген A находится между генами B и C , так как $B/A + A/C = B/C$ ($9,7 + 34,4 = 44,1$). Таким образом, гены расположены в порядке BAC .*



Ответ: порядок расположения генов и расстояние между ними:



✦ Задачи для самостоятельного решения

Задача 186. Гены **A**, **B** и **C** находятся в одной группе сцепления. Между генами **A** и **B** кроссинговер происходит с частотой 7,4%, между генами **B** и **C** — с частотой 2,9%. Определите взаиморасположение генов **A**, **B** и **C**, если расстояние между генами **A** и **C** равно 10,3% кроссинговера.

Задача 187. Гены **A**, **B** и **C** находятся в одной группе сцепления. Между генами **A** и **B** кроссинговер происходит с частотой 7,4%, между генами **B** и **C** — с частотой 2,9%. Определите взаиморасположение генов **A**, **B** и **C**, если расстояние между генами **A** и **C** равно 4,5% кроссинговера.

Задача 188. Составьте карту хромосомы, содержащую гены **A**, **B**, **C**, **D**, **E**, если частота кроссинговера между генами **B** и **C** равна 2,5%, **C** и **A** — 3,7%, **A** и **E** — 6%, **E** и **D** — 2,8%, **A** и **B** — 6,2%, **B** и **D** — 15%, **A** и **D** — 8,8%.

Задача 189. Составьте карту хромосомы, содержащую гены **A**, **B**, **C**, **D**, **E**, если частота кроссинговера между генами **C** и **E** равна 5%, **C** и **A** — 14%, **A** и **E** — 19%, **B** и **E** — 12%, **A** и **B** — 7%, **B** и **D** — 2%, **B** и **D** — 3%.

Задача 190. В потомстве анализирующего скрещивания получено следующее соотношение:

A_B_C_	120,	aaB_C_	62,
A_B_cc	10,	aaB_cc	68,
A_bbC_	65,	aabbC_	12,
A_bbcc	63,	aabbcc	125.

Определите порядок расположения генов в хромосоме и расстояние между ними в единицах перекреста.

Задача 191. В результате анализирующего скрещивания получено следующее соотношение фенотипов:

X_Y_Z_	30,	xxY_zz	15,
X_Y_zz	172,	xxyyZ_	172,
X_yyZ_	17,	xxyyzz	28,
X_yyzz	2,	xxY_Z_	3.

Укажите порядок расположения генов и расстояние между ними в морганидах.

ГЕНЕТИКА ПОЛА. НАСЛЕДОВАНИЕ, СЦЕПЛЕННОЕ С ПОЛОМ

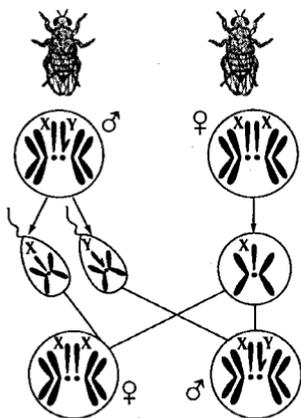


Рис. 5. Хромосомное определение пола у дрозофилы.

Пол можно рассматривать как один из признаков организма. Наследование признаков организма, как правило, определяется генами, пол же определяется сочетанием в зиготе половых хромосом.

Чаще всего пол определяется в момент оплодотворения. Если соматические клетки организма содержат две одинаковые половые хромосомы, его называют гомогаметным (образует один тип гамет), если разные — гетерогаметным (образует два типа гамет).

Соотношение полов, близкое к расщеплению 1:1, соответствует расщеплению при анализирующем скрещивании. Существует четыре основных типа хромосомного определения пола:

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

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

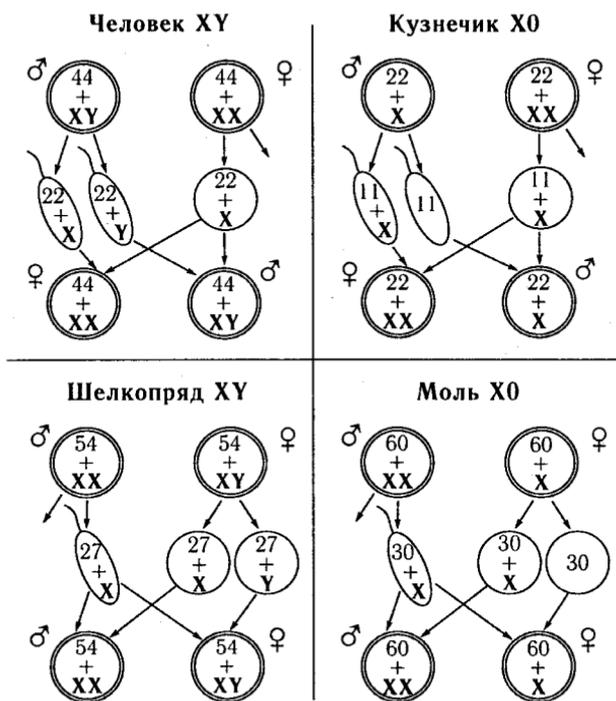


Рис. 6. Основные типы хромосомного определения пола.

практически инертна, так как не содержит генов, определяющих признаки организма. Полное сцепление с полом наблюдается лишь в том случае, если Y-хромосома генетически инертна. Гены, локализованные в Y-хромосоме, наследуются только от отца к сыну. Если же в Y-хромосоме имеются гены, аллельные генам X-хромосомы, то такой тип наследования называют **частично сцепленным с полом**.

◇ Вопросы и задания для самоконтроля

1. Каков механизм определения пола?
2. Когда происходит первичное определение пола?
3. Какой пол называется гомогаметным?
4. Какой пол называется гетерогаметным?
5. Какое наследование называется сцепленным с полом?
6. В каком случае наблюдается полное сцепление с полом?

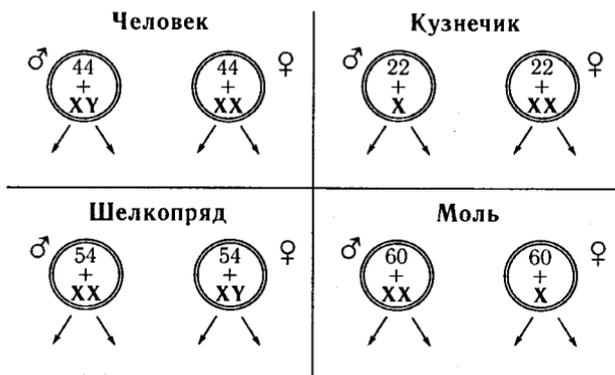
7. Заполните таблицу.

Типы соотношения половых хромосом

Организмы	Гаметы		Зиготы		Гетерогаметный пол	
	самки	самца	самки	самца	самки	самца
Человек	X и X	X и Y				
Дрозофила	X и X	X и Y				
Моль	X и 0	X и X				
Птицы	X и Y	X и X				
Кузнечики	X и X	X и 0				

8. Составьте схему хромосомного определения пола у кузнечика.

9. Закончите схемы определения пола и подчеркните гетерогаметный пол (самки, самца).



10. Каковы особенности наследования генов, локализованных в Y-хромосоме?

11. Какое наследование называется частично сцепленным с полом?

12. Напишите генотип здоровой женщины, если ее отец был гемофиликом, а мать — альбиносом.

13. Почему болезни, развитие которых контролируют гены, локализованные в X-хромосоме, чаще проявляются у мужчин, а не у женщин?

14. Какое значение для вида имеет соотношение полов, равное 1:1?

15. Из вариантов ответов, предложенных к тестовым заданиям, выберите один верный.

1. Гомогаметным называется...

- а) пол, образующий один тип гамет
- б) пол, образующий два типа гамет
- в) пол, не образующий гамет
- г) пол, имеющий в гаметах только аутосомы

2. Гетерогаметным называется...

- а) пол, образующий один тип гамет
- б) пол, образующий два типа гамет
- в) пол, не образующий гамет
- г) пол, имеющий в гаметах только аутосомы

3. В какой группе организмов гомогаметным является женский пол?

- а) моль
- б) дрозофила
- в) бабочки
- г) куры

4. В какой группе организмов гомогаметным является мужской пол?

- а) кузнечики
- б) дрозофила
- в) человек
- г) куры

5. В какой группе организмов гетерогаметным является женский пол?

- а) кузнечики
- б) дрозофила
- в) человек
- г) куры

6. В какой группе организмов гетерогаметным является мужской пол?

- а) моль
- б) человек
- в) шелкопряд
- г) куры

7. В норме самцы дрозофилы имеют набор половых хромосом...

- а) XX
- б) XY
- в) Y0
- г) X0

8. В норме самки дрозофилы имеют набор половых хромосом...

- а) XX
- б) XY
- в) Y0
- г) X0

9. В норме самцы моли имеют набор половых хромосом...
а) XX б) XY в) YO г) XO
10. В норме самки моли имеют набор половых хромосом...
а) XX б) XY в) YO г) XO
11. В норме самцы кузнечика имеют набор половых хромосом...
а) XX б) XY в) YO г) XO
12. В норме самки кузнечика имеют набор половых хромосом...
а) XX б) XY в) YO г) XO
13. В норме самцы шелкопряда имеют набор половых хромосом...
а) XX б) XY в) YO г) XO
14. В норме самки шелкопряда имеют набор половых хромосом...
а) XX б) XY в) YO г) XO
15. В норме мужчины имеют набор половых хромосом...
а) XX б) XY в) YO г) XO
16. В норме женщины имеют набор половых хромосом...
а) XX б) XY в) YO г) XO
17. Первичное определение пола организма происходит...
а) во время гаметогенеза
б) в период полового созревания
в) в момент оплодотворения
г) в момент рождения или выхода из яйцевых оболочек
18. Ведущая роль в первичном определении пола организма принадлежит...
а) действию определенных генов, отвечающих за определение пола
б) действию факторов внешней среды
в) сочетанию половых хромосом при образовании зиготы
г) сочетанию аутосом при образовании зиготы
19. 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
20. Ген, вызывающий развитие дальтонизма, локализован...
 а) в X-хромосоме в) в аутосоме
 б) в Y-хромосоме г) такого гена нет
21. Ген, вызывающий развитие гемофилии, локализован...
 а) в X-хромосоме в) в аутосоме
 б) в Y-хромосоме г) такого гена нет
22. Ген, вызывающий развитие гипертрихоза (повышенная волосатость) ушной раковины, локализован...
 а) в X-хромосоме в) в аутосоме
 б) в Y-хромосоме г) такого гена нет
23. Гены, локализованные в Y-хромосоме, передаются...
 а) от отца сыновьям в) от матери сыновьям
 б) от отца дочерям г) от матери дочерям
24. Какова вероятность рождения здоровых детей от брака мужчины, страдающего гемофилией, и здоровой (гомозиготной по гену гемофилии) женщины (рецессивный ген, вызывающий гемофилию, локализован в X-хромосоме)?
 а) 100% детей в) 50% сыновей
 б) 50% детей г) 25% сыновей
25. Какова вероятность рождения здоровых детей, если отец здоров, а мать — носительница гемофилии (рецессивный ген, вызывающий гемофилию, локализован в X-хромосоме)?
 а) 100% сыновей в) 50% сыновей
 б) 100% дочерей г) 50% дочерей
26. Какова вероятность рождения больных детей, если отец здоров, а мать — носительница гемофилии (рецессивный ген, вызывающий гемофилию, локализован в X-хромосоме)?
 а) 100% сыновей
 б) 100% дочерей
 в) 50% сыновей, 100% дочерей
 г) 50% сыновей, 50% дочерей

27. Какова вероятность рождения больных сыновей, если отец здоров, а мать — носительница гемофилии (рецессивный ген, вызывающий гемофилию, локализован в X-хромосоме)?
а) 25% б) 50% в) 75% г) 100%
28. Кто из детей будет дальтоником, если их мать — носительница гена цветовой слепоты, а отец не страдает цветовой слепотой (рецессивный ген, вызывающий дальтонизм, локализован в X-хромосоме)?
а) все сыновья
б) все дочери
в) половина дочерей
г) половина сыновей
29. Кто из детей будет дальтоником, если их мать — носительница гена цветовой слепоты, а отец — дальтоник (рецессивный ген, вызывающий дальтонизм, локализован в X-хромосоме)?
а) все дети
б) все дочери и половина сыновей
в) все сыновья и половина дочерей
г) половина сыновей и половина дочерей
30. Кто из детей будет иметь гипертрихоз (повышенная волосатость ушной раковины), если у отца — гипертрихоз (рецессивный ген, вызывающий гипертрихоз, локализован в Y-хромосоме)?
а) все дети
б) только сыновья
в) только дочери
г) половина сыновей и половина дочерей
31. Рецессивный ген, вызывающий гемофилию, локализован в X-хромосоме. Отец — гемофилик, мать — здорова (гомозиготна по этому признаку). Какова вероятность рождения больных сыновей?
а) 75% (от числа сыновей)
б) 50% (от числа сыновей)
в) 25% (от числа сыновей)
г) 0% (от числа сыновей)

Наследование сцепленных с полом признаков

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 рассматриваемого признака. Запись генотипа будет иметь такой, например, вид: $X^A Y$.

При решении задач на наследование, сцепленное с полом, помните, что:

- один пол является гомогаметным, а другой — гетерогаметным;
- часто признаки, сцепленные с полом, контролируются генами, локализованными **только в X-хромосоме**;
- существует четыре типа определения пола, поэтому особое внимание следует обращать на то, **какой пол является гомогаметным, а какой — гетерогаметным**;
- гомогаметный пол образует один тип гамет, а гетерогаметный — два;
- если гомогаметным полом является женский, то сыновья всегда получают X-хромосому от матери, а Y-хромосому от отца, дочери получают по одной X-хромосоме от матери и от отца;
- гены, локализованные в Y-хромосоме, всегда передаются **только от отца к сыну**;
- если гены локализованы в **гомологичных участках X и Y-хромосом**, их наследование **подчиняется законам Менделя**;
- 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 — $AaX^A X^A$, неверная запись — $X^A Aa$).

✧ Примеры решения задач

Задача 041. У дрозофилы рецессивный ген s , обуславливающий развитие укороченного тела, локализован в X-хромосоме. Доминантный ген S обуславливает нормальные размеры тела. Гетерозиготная самка, имеющая нормальные размеры тела, скрещена с таким же самцом. В потомстве от скрещивания 38 мух.

- 1) Сколько типов гамет может образовать самка?
- 2) Сколько типов гамет может образовать самец?
- 3) Сколько самок, полученных при этом скрещивании, имеют нормальные размеры тела?
- 4) Сколько из них являются гомозиготными?
- 5) Сколько самцов имеют укороченное тело?

Дано:

X^S — нормальное тело

X^s — укороченное тело

P ♀ $X^S X^s$ × ♂ $X^S Y$
норма норма

F_1 — 38 мух

- 1) Сколько типов гамет образует самка?
- 2) Сколько типов гамет образует самец?
- 3) Сколько самок F_1 имеют нормальное тело?
- 4) Сколько самок F_1 гомозиготны?
- 5) Сколько самцов F_1 имеют укороченное тело?

Решение:

1. *Записываем схему скрещивания.*

P ♀ $X^S X^s$ × ♂ $X^S Y$
норма норма

2. *Определяем типы гамет скрещиваемых особей.*

P ♀ $X^S X^s$ × ♂ $X^S Y$
норма норма

Типы гамет (X^S) (X^s) (X^S) (Y)

3. *Определяем генотипы и фенотипы потомков F_1 .*

P ♀ $X^S X^s$ × ♂ $X^S Y$
норма норма

Типы гамет (X^S) (X^s) (X^S) (Y)

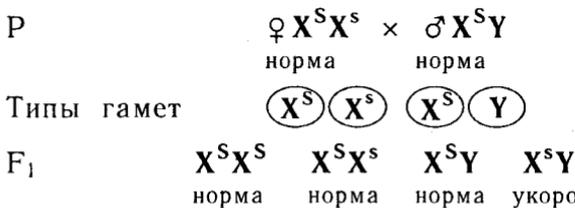
F_1 $X^S X^S$ $X^S X^s$ $X^S Y$ $X^s Y$
норма норма норма укороч.

4. *Проводим анализ скрещивания.* В F_1 произошло расщепление: по генотипу — $1 X^S X^S : 1 X^S X^s : 1 X^S Y : 1 X^s Y$; по фенотипу — 2 самки с нормальным телом : 1 самец с нормальным телом : 1 самец с укороченным телом.

5. *Отвечаем на вопросы задачи.*

- 1) Самка гетерозиготна, поэтому образует 2 типа гамет.
- 2) Самец гетерогаметен, поэтому образует 2 типа гамет.
- 3) Всего в F_1 38 мух. Самки с нормальным телом составляют $1/4$ потомства, поэтому их количество:
 $38 \cdot 1/4 = 9,5$, или ≈ 10 мух.
- 4) Всего в F_1 38 мух. Гомозиготные самки составляют $1/4$ потомства, поэтому их количество:
 $38 \cdot 1/4 = 9,5$, или ≈ 10 мух.
- 5) Всего в F_1 38 мух. Самцы с укороченным телом составляют $1/4$ потомства, поэтому их количество:
 $38 \cdot 1/4 = 9,5$, или ≈ 10 мух.

Краткая запись решения задачи:



По генотипу — $1(X^S X^S) : 1(X^S X^s) : 1(X^S Y) : 1(X^s Y)$;

по фенотипу — 2 (самки с нормальным телом) : 1 (самцы с нормальным телом) : 1 (самцы с укороченным телом).

- 1) Самка гетерозиготна, следовательно, 2 типа гамет.
- 2) Самец гетерогаметен, следовательно, 2 типа гамет.
- 3) $38 \cdot 1/4 = 9,5$, или ≈ 10 самок с нормальным телом.
- 4) $38 \cdot 1/4 = 9,5$, или ≈ 10 гомозиготных самок.
- 5) $38 \cdot 1/4 = 9,5$, или ≈ 10 самцов с укороченным телом.

Ответ: 1) 2; 2) 2; 3) ≈ 10 ; 4) ≈ 10 ; 5) ≈ 10 .

Задача 042. У человека отсутствие потовых желез наследуется как сцепленный с полом рецессивный признак, альбинизм (отсутствие пигментации) — как аутосомный рецессивный. У родителей нормальное развитие признаков, а у сына — отсутствие пигментации и потовых желез. Определите: 1) генотипы родителей; 2) вероятность рождения второго сына с двумя аномалиями; 3) вероятность рождения здорового сына.

1. Вводим обозначения генов:

X^A — наличие потовых желез; X^a — отсутствие потовых желез;

B — нормальная пигментация; b — альбинизм.

2. Определяем генотипы сына и родителей. Сын несет рецессивные признаки. Значит, его генотип — bbX^aY . От матери он получает X-хромосому, а от отца Y-хромосому. Родители имеют нормальные признаки, значит, X-хромосома отца содержит доминантную аллель гена, отвечающего за наличие потовых желез. Мать имеет две X-хромосомы, следовательно, хотя бы одна из них несет доминантную аллель гена. Таким образом, по половым хромосомам генотип родителей можно записать следующим образом: ♀ X^AX^- , ♂ X^AY . У родителей нормальная пигментация, поэтому в их генотипе содержится хотя бы по одному доминантному гену, отвечающему за наличие пигмента. По данному гену их генотип можно записать в следующем виде — $B_.$ Итак, генотип родителей по двум парам аллельных генов имеет следующий вид: ♀ $B_X^AX^-$, ♂ B_X^AY .

3. Делаем краткую запись условия задачи и решаем ее.

Дано:

X^A — наличие пот. желез

X^a — отсутств. пот. желез

B — норма

b — альбинизм

P ♀ $B_X^AX^-$ × ♂ B_X^AY
норма норма норма норма

F_1 — bbX^aY
альбинос без желез

- 1) Генотипы P — ?
- 2) Вероятность рождения второго сына с двумя аномалиями — ?
- 3) Вероятность рождения здорового сына — ?

Решение:

4. Записываем схему брака.

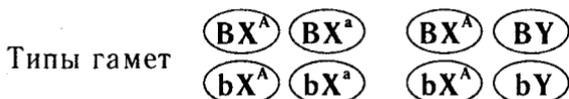
P ♀ $B_X^AX^-$ × ♂ B_X^AY
норма норма норма норма
 F_1 bbX^aY
альбинос без желез

5. Анализируем генотип родителей по потомству. Сын получает по одному рецессивному гену из каждой аллельной пары от отца и от матери. От матери — гены альбинизма и отсутствия потовых желез, от отца — ген альбинизма. Следовательно, генотип матери — BbX^aX^a , генотип отца — BbX^AY .

6. Переписываем схему скрещивания, используя установленные генотипы родителей.



7. Определяем типы гамет родителей. Мать и отец дигетерозиготны, значит, образуют по четыре типа гамет.



8. Получаем потомков F_1 . Так как у родителей образуется по четыре типа гамет, используем решетку Пеннета.



♀ \ ♂	BX^A	bX^A	BY	bY
	BX^A	$\mathbf{BBX^A X^A}$ норма норма	$\mathbf{BbX^A X^A}$ норма норма	$\mathbf{BBX^A Y}$ норма норма
bX^A	$\mathbf{BbX^A X^A}$ норма норма	$\mathbf{bbX^A X^A}$ норма альбинизм	$\mathbf{BbX^A Y}$ норма норма	$\mathbf{bbX^A Y}$ норма альбинизм
BX^a	$\mathbf{BBX^A X^a}$ норма норма	$\mathbf{BbX^A X^a}$ норма норма	$\mathbf{BBX^a Y}$ без желез норма	$\mathbf{BbX^a Y}$ без желез норма
bX^a	$\mathbf{BbX^A X^a}$ норма норма	$\mathbf{bbX^A X^a}$ норма альбинизм	$\mathbf{BbX^a Y}$ без желез норма	$\mathbf{bbX^a Y}$ без желез альбинизм

9. Проводим анализ F_1 . Возможно рождение нормальных девочек, нормальных мальчиков, девочек-альбиносов, мальчиков-альбиносов, мальчиков без потовых желез и мальчиков-альбиносов без потовых желез в соотношении 6:3:2:1:3:1. Вероятность рождения второго сына с двумя аномалиями 1/16, здорового сына — 3/16.

Краткая запись решения задачи:

X^A — наличие потовых желез; X^a — отсутствие потовых желез;

B — нормальная пигментация; b — альбинизм.

Сын несет рецессивные признаки. Значит, его генотип — bbX^aY . Родители имеют нормальные признаки \Rightarrow генотипы родителей имеют следующий вид: $\text{♀ } B_X^AX^-, \text{ ♂ } B_X^AY$.

P $\text{♀ } B_X^AX^- \times \text{♂ } B_X^AY$
 норма норма норма норма

F₁ bbX^aY
 альбинос без желез

Сын получает по одному рецессивному гену из каждой аллельной пары от отца и от матери. Отсюда следует, что генотип матери — BbX^AX^a , генотип отца — BbX^AY .

P $\text{♀ } BbX^AX^a \times \text{♂ } BbX^AY$
 норма норма норма норма

Типы гамет P	♀ \ ♂	BX^A	bX^A	BY	bY
	BX^A	BbX^AX^A норма норма	BbX^AX^A норма норма	BbX^AY норма норма	BbX^AY норма норма
bX^A	BbX^AX^A норма норма	bbX^AX^A норма альбинизм	BbX^AY норма норма	bbX^AY норма альбинизм	
F ₁	BX^a	BbX^AX^a норма норма	BbX^AX^a норма норма	BbX^aY без желез норма	BbX^aY без желез норма
	bX^a	BbX^AX^a норма норма	bbX^AX^a норма альбинизм	BbX^aY без желез норма	bbX^aY без желез альбинизм

Возможно рождение нормальных девочек, нормальных мальчиков, девочек-альбиносов, мальчиков-альбиносов, мальчиков без потовых желез и мальчиков-альбиносов без потовых желез в соотношении 6:3:2:1:3:1. Вероятность рождения второго сына с двумя аномалиями 1/16, здорового сына — 3/16.

Ответ: 1) генотипы P: ♀ — $X^A X^a Vb$, ♂ — $X^A YVb$.

2) Вероятность рождения второго сына с двумя аномалиями $1/16$.

3) Вероятность рождения здорового сына — $3/16$.

✦ Задачи для самостоятельного решения

Задача 192. У двудомного цветкового растения меландриума наследование пола происходит по такому же типу, как и у дрозофилы. Рецессивный ген, определяющий развитие узких листьев, локализован в X-хромосоме. Гомозиготное широколистное растение было опылено пыльцой узколистного. Получили 145 растений F_1 .

1) Сколько из них было женских?

2) У скольких мужских растений были широкие листья?

3) У скольких женских растений были широкие листья?

4) От скрещивания между собой растений F_1 получили 1283 гибрида F_2 . Сколько из них имели широкие листья?

5) Сколько мужских растений были узколистными?

Задача 193. У двудомного цветкового растения меландриума наследование пола происходит по такому же типу, как и у дрозофилы. Рецессивный ген, обуславливающий развитие узких листьев, локализован в X-хромосоме. Гетерозиготное широколистное растение скрестили с узколистным и получили 363 гибрида.

1) Сколько растений имели широкие листья?

2) Сколько женских растений имели широкие листья?

3) Сколько мужских растений имели узкие листья?

4) Гетерозиготное растение опылили пыльцой широколистного растения и получили 25 гибридов. Сколько из них имели узкие листья?

5) Сколько мужских растений имели широкие листья?

Задача 194. 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 спа-

ривали с пестрой кошкой. Получили пять котят, из них две 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 котят имели черную масть?

Задача 195. У кошек одна пара аллелей (**B** и **b**), определяющих окраску шерсти, сцеплена с полом. Ген **B** обуславливает рыжую, ген **b** — черную окраску шерсти, а гетерозиготы имеют пеструю (черепаховую) окраску шерсти. От спаривания черного кота с рыжей кошкой в нескольких пометах получили шесть котят, из них четыре кошки.

- 1) Сколько котят имели рыжую масть?
- 2) Сколько кошек были черепаховыми?
- 3) Сколько котят были рыжими?
- 4) От спаривания рыжего кота с черными кошками получили восемь котят, из них шесть кошек. Сколько кошек были черепаховыми?
- 5) Сколько котят имели черную масть?

Задача 196. У небольшой рыбки (*Aplocheilus*) пол наследуется по тому же типу, что и у дрозофилы. Пара аллелей **R** и **r**, обуславливающих окраску тела, локализована в обеих половых хромосомах, как X, так и Y. Красный цвет является доминантным, а белый — рецессивным. От спаривания белой самки с красным гомозиготным самцом получили в F_1 18 потомков, а в F_2 — 42, из них 23 самки.

- 1) Сколько рыбок F_1 имели красную окраску?
- 2) Сколько разных генотипов было в F_2 ?
- 3) Сколько рыбок F_2 имели красную окраску?
- 4) Сколько рыбок-самок F_2 имели красную окраску?
- 5) Сколько рыбок имели белую окраску?

Задача 197. 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 девять детей.

- 1) Сколько типов гамет может образовать женщина?
- 2) Сколько детей, родившихся от этого брака, могли иметь нормальное зрение?
- 3) Сколько девочек могли иметь нормальное зрение?
- 4) Сколько мальчиков могли иметь цветовую слепоту?
- 5) Сколько мальчиков из четырех, родившихся от второго брака этой женщины с мужчиной, имеющим нормальное зрение, могли страдать цветовой слепотой?

Задача 198. Отсутствие потовых желез у людей передается по наследству как рецессивный признак, сцепленный с X-хромосомой. Наличие потовых желез — доминантный признак. Гетерозиготная здоровая женщина вышла замуж за здорового мужчину. От этого брака родилось девять детей, из них четыре мальчика.

- 1) Сколько детей не имели потовых желез?
- 2) Сколько мальчиков не имели потовых желез?
- 3) Сколько девочек от этого брака будут гетерозиготными?
- 4) От брака гетерозиготной дочери с юношей, у которого отсутствовали потовые железы, родилось четверо детей, в том числе два мальчика. Сколько из них могли иметь нормальные потовые железы?
- 5) Сколько девочек могли иметь нормальные потовые железы?

Задача 199. Окраска оперения у кур обуславливается локализованным в X-хромосоме геном **В**. Доминантная аллель гена **В** обуславливает развитие полосатого оперения, а рецессивная аллель **b** — черного. Скрещивали полосатую курицу с гомозиготным черным петухом и получили 18 цыплят F_1 , а от скрещивания гибридов F_1 между собой — 135 цыплят F_2 .

- 1) Сколько гибридов F_1 могли иметь полосатое оперение?
- 2) Сколько петушков F_1 могли иметь полосатое оперение?
- 3) Сколько курочек в F_2 могли быть черными?
- 4) Сколько петушков F_2 могли быть полосатыми?
- 5) В другой комбинации скрещивали куриц, имевших черное оперение, с гомозиготными полосатыми петушками. В F_1 получили 50 гибридов. Сколько петушков в F_1 могли иметь полосатое оперение?

Задача 200. У человека рецессивный ген h , обуславливающий одну из форм гемофилии, локализован в X-хромосоме и наследуется сцепленно. Этот ген является полуплетальным для мужчин и летальным для женщин. Здоровая женщина, отец которой был болен гемофилией, вышла замуж за здорового юношу. У них было семь детей.

- 1) Сколько детей в этой семье могут быть здоровыми?
- 2) Сколько может быть здоровых девочек?
- 3) Сколько из них, даже будучи в браке с мужчиной-гемофиликом, могут иметь здоровых детей?
- 4) Сколько мальчиков могут быть гемофиликами?
- 5) Сколько девушек в браке со здоровыми мужчинами могут иметь детей, больных гемофилией?

Задача 201. У кур рецессивная аллель гена k наследуется сцепленно с полом. Если в зиготе не содержится доминантная аллель гена K , то цыплята погибают до вылупления из яйца. Самец, гетерозиготный по данному гену, был скрещен с нормальными самками. Из яиц вылупились 73 цыпленка.

- 1) Сколько разных генотипов может быть в результате такого скрещивания?
- 2) Сколько цыплят может погибнуть до вылупления из яиц?
- 3) Сколько может быть курочек среди погибших?
- 4) Сколько живых петушков может быть при таком скрещивании?
- 5) Сколько живых курочек может быть при таком скрещивании?

Задача 202. У человека цветовая слепота обусловлена рецессивным геном (c), локализованным в X-хромосоме, а нормальное умение различать цвета — доминантным геном (C). Определите, каких детей можно ожидать от следующих браков: 1) $\text{♀ } X^cX^c \times \text{♂ } X^CY$; 2) $\text{♀ } X^CX^c \times \text{♂ } X^CY$; 3) $\text{♀ } X^CX^c \times \text{♂ } X^cY$.

Задача 203. Окраска оперения у кур обуславливается локализованным в X-хромосоме геном B . Доминантная аллель гена B обуславливает развитие полосатого оперения, а рецессивная аллель b — черного. Определите, какое

потомство можно ожидать от следующих скрещиваний: 1) ♀ $X^B Y$ × ♂ $X^B X^b$; 2) ♀ $X^b Y$ × ♂ $X^B X^b$; 3) ♀ $X^B Y$ × ♂ $X^b X^b$.

Задача 204. Отсутствие потовых желез у людей передается по наследству как рецессивный признак, сцепленный с X-хромосомой. Наличие потовых желез — доминантный признак. Определите, какое потомство следует ожидать от следующих браков:

- 1) гомозиготной женщины с потовыми железами и мужчины без потовых желез;
- 2) гетерозиготной женщины и мужчины с потовыми железами;
- 3) женщины и мужчины без потовых желез.

Задача 205. Окраска оперения у кур обуславливается локализованным в X-хромосоме геном **B**. Доминантная аллель гена **B** обуславливает развитие полосатого оперения, а рецессивная аллель **b** — черного. Определите, какое потомство следует ожидать от скрещивания:

- 1) полосатой курицы и черного петуха;
- 2) полосатой курицы и гетерозиготного полосатого петуха;
- 3) черной курицы и гомозиготного полосатого петуха.

Задача 206. У дрозофилы гены, определяющие развитие красных (доминантный признак) и белых (рецессивный признак) глаз, локализованы в X-хромосоме. Какое потомство следует ожидать от скрещивания:

- 1) красноглазых самца и самки;
- 2) красноглазой самки и белоглазого самца;
- 3) белоглазой самки и красноглазого самца?

Задача 207. У *Aplocheilus* гомогаметным является женский пол, а гетерогаметным — мужской. Пара аллелей **R** и **r**, обуславливающих окраску тела, локализована в гомологичных участках половых хромосом. Красный цвет является доминантным, а белый — рецессивным. Определите, какое потомство следует ожидать от скрещивания:

- 1) двух гетерозиготных рыбок;
- 2) гетерозиготной самки с гомозиготным красным самцом;
- 3) белой самки с гетерозиготным самцом.

Задача 208. Аллергическое заболевание — геморрагический диатез у человека определяется рецессивным геном **a**. 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).

Задача 209. У рыбы *Aplocheilus* самки гомогаметны — **XX**, а самцы гетерогаметны — **XY**. Y-хромосома так же, как и X-хромосома, содержит аллели генов. В норме рыбы имеют коричневую окраску, определяемую аллелью **B**; голубая окраска — **b**. Y-хромосома всегда содержит аллель **B** и никогда — **b**. Следовательно, самцы никогда не бывают голубой окраски. Какое потомство F_1 и F_2 следует ожидать от скрещивания голубой самки с гомозиготным коричневым самцом?

Задача 210. У кошек ген **B**, отвечающий за окраску шерсти, сцеплен с полом. Доминантная аллель гена определяет рыжую окраску шерсти, рецессивная — черную, гетерозигота **Bb** имеет черепаховую окраску шерсти. Каких котят можно ожидать в следующих скрещиваниях:

- 1) рыжая кошка × черный кот;
- 2) черная кошка × рыжий кот;
- 3) черепаховая кошка × рыжий кот;
- 4) черепаховая кошка × черный кот?

Задача 211. У человека цветовая слепота обусловлена рецессивным геном (**c**), локализованным в X-хромосоме, а нормальное умение различать цвета — доминантным геном (**C**).

- 1) Мужчина-дальтоник женится на женщине-носителнице цветовой слепоты. Определите, какова вероятность рождения в этом браке: а) нормального сына; б) дочери с цветовой слепотой.
- 2) Нормальная женщина, имеющая отца с цветовой слепотой, выходит замуж за нормального мужчину. Какова вероятность рождения в этой семье детей с цветовой слепотой?
- 3) Нормальная женщина, отец которой был дальтоник, выходит замуж за мужчину-дальтоника. Какова ве-

роятность рождения в этой семье детей-дальтоников?

- 4) Муж и жена имеют нормальное зрение, а их дочь — дальтоник. Каковы генотипы родителей?
- 5) Нормальная женщина, отец которой имеет нормальное цветовое зрение, а брат — дальтоник, родила сына. Какова вероятность того, что он окажется дальтоником?
- 6) Мужчина с цветовой слепотой женится на нормальной женщине. У них двое детей — сын с цветовой слепотой и нормальная по цветовому зрению дочь. Определите: а) генотип матери; б) вероятность рождения в этой семье дочери-дальтоника.

Задача 212. У кур породы виандот наблюдаются две разные формы полосатости — золотистая и серебристая. Гены, обуславливающие этот признак, наследуются сцепленно с полом, причем доминирует ген серебристо-полосатой окраски оперения. Какова вероятность получения серебристо-полосатых курочек от скрещивания серебристо-полосатой курицы с золотисто-полосатым петухом?

Задача 213. У бронзовых индеек иногда наблюдается 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?

Задача 214. У человека рецессивный ген h , обуславливающий одну из форм гемофилии, локализован в X-хромосоме и наследуется сцепленно. Этот ген является полурецессивным для мужчин и летальным для женщин.

- 1) Определите, какова вероятность рождения сына-гемофилика у здоровых родителей.
- 2) У здоровых родителей трое детей, один из которых умирает в 14 лет от гемофилии. Определите, какова вероятность того, что другой сын и дочь здоровы.

Задача 215. У кур полосатое оперение определяется доминантным геном B и наследуется сцепленно с полом.

Рецессивный ген **b** контролирует развитие черной окраски. От скрещивания полосатых кур (X^BY) с петухом X^bX^b в F_2 получили 93 цыплят. Сколько петушков F_2 имели полосатую окраску?

Задача 216. У плодовой мухи дрозофилы белый цвет глаз наследуется как рецессивный признак, красный — как доминантный. Гены, определяющие цвет глаз, сцеплены с X-хромосомой. Определите, какова вероятность получения белоглазого потомства, если: 1) скрестить белоглазую самку с красноглазым самцом; 2) скрестить между собой гибриды первого поколения.

Задача 217. У кур известен сцепленный с полом рецессивный ген с летальным эффектом без видимого проявления. Определите, каким будет соотношение полов в потомстве гетерозиготного по этому гену петуха и нормальной куры.

Задача 218. У человека альбинизм определяется рецессивным аутосомным геном, гемофилия — рецессивным, сцепленным с X-хромосомой, геном.

- 1) Мужчина — альбинос и гемофилик. Определите, какие генотипы могли иметь его родители.
- 2) Здоровый мужчина-альбинос женится на здоровой женщине, отец которой был гемофилик, а мать — альбинос. Определите, какие фенотипы и в каком соотношении могут иметь дети от этого брака.
- 3) Определите вероятность рождения здоровых сыновей с нормальной пигментацией от брака мужчины-альбиноса и гемофилика и женщины — носительницы этих генов.

Задача 219. У канареек сцепленный с полом ген **B** определяет зеленую окраску оперения, **b** — коричневую. Наличие хохолка зависит от аутосомного гена **C**, его отсутствие — **c**.

- 1) Зеленого хохлатого самца скрещивают с коричневой самкой без хохолка. Определите, какое потомство можно ожидать: а) в F_1 ; б) от возвратного скрещивания гибридов F_1 с материнской и отцовской формами.

- 2) От скрещивания зеленого самца без хохолка с коричневой хохлатой самкой в потомстве получено расщепление: 1 самец коричневый хохлатый, 1 коричневый без хохолка и 2 зеленые хохлатые самки. Определите генотипы родителей.
- 3) От скрещивания зеленых хохлатых птиц получены зеленый хохлатый самец и коричневая без хохолка самка. Определите генотипы родителей.

Задача 220. У кур полосатая окраска оперения определяется доминантным сцепленным с полом геном **B**, черная — **b**; темная окраска кожи — аутосомным геном **S**, белая — **s**; розовидный гребень — **R**, листовидный — **r**. Аутосомный ген **C** в гетерозиготном состоянии (**Cc**) обуславливает коротконогость, а в гомозиготном (**CC**) имеет летальный эффект, рецессивная гомозигота (**cc**) имеет нормальную длину ног.

- 1) Петух черный темнокожий с листовидным гребнем; курица полосатая белокожая с листовидным гребнем. Каких цыплят можно ожидать от такого скрещивания?
- 2) Черный темнокожий петух с розовидным гребнем скрещен с полосатой темнокожей курицей, имеющей листовидный гребень. Среди цыплят 6 полосатых темнокожих петушков, 2 полосатых белокожих петушка, 5 черных темнокожих курочек и 2 черные белокожие курочки. Все цыплята с розовидным гребнем. Определите генотипы родителей.
- 3) Полосатый белокожий петух с листовидным гребнем и черная темнокожая курица с розовидным гребнем дали 18 цыплят — все полосатые темнокожие с розовидным гребнем. Определите генотипы родителей.
- 4) Коротконового полосатого петуха скрещивают с коротконогой черной курицей. Какими могут быть потомки F_1 и F_2 ?
- 5) Коротконового гетерозиготного по полосатой окраске оперения петуха скрещивают с коротконогой черной курицей. Какое потомство можно ожидать от такого скрещивания?

б) От неизвестных курицы и петуха получены цыплята: $1/6$ с нормальными ногами черных курочек, $1/6$ с нормальными ногами полосатых петушков, $1/3$ коротконогих черных курочек и $1/3$ коротконогих полосатых петушков. Определите генотипы и фенотипы родителей.

Задача 221. У человека в Y-хромосоме находится ген, определяющий развитие перепонки между вторым и третьим пальцами ног. Определите, какие дети и внуки могут быть у мужчины с перепонками между пальцами и женщины, у которой этих перепонки нет.

Задача 222. У человека гипертрихоз (повышенное оволосение ушной раковины) наследуется как рецессивный, сцепленный с Y-хромосомой признак. Каких детей можно ожидать от брака мужчины с гипертрихозом и нормальной по этому признаку женщины?

Задача 223. У человека гипертрихоз наследуется как рецессивный, сцепленный с Y-хромосомой признак, а дальтонизм — как рецессивный, сцепленный с X-хромосомой признак. Каких детей можно ожидать от брака:

- 1) мужчины с гипертрихозом и нормальным зрением с женщиной, гетерозиготной по гену дальтонизма;
- 2) мужчины с гипертрихозом и дальтонизмом с женщиной, гетерозиготной по гену дальтонизма;
- 3) мужчины с гипертрихозом и дальтонизмом с женщиной-дальтоником?

Задача 224. У человека гипертрихоз и перепончатость ног наследуются как рецессивные, сцепленные с Y-хромосомой признаки, дальтонизм — как рецессивный, сцепленный с X-хромосомой признак, карий цвет глаз — как доминантный аутосомный признак, голубой цвет глаз — как рецессивный аутосомный признак. Каких детей можно ожидать от брака:

- 1) мужчины с гипертрихозом, перепончатостью ног, нормальным зрением и карими глазами с женщиной, гетерозиготной по генам дальтонизма и цвета глаз;
- 2) мужчины с перепончатостью ног, дальтонизмом и голубыми глазами с женщиной, гетерозиготной по генам дальтонизма и цвета глаз;

- 3) голубоглазого мужчины-дальтоника с гипертрихозом и перепончатостью ног с голубоглазой женщиной-дальтоником?

Задача 225. У человека рецессивный ген гемофилии сцеплен с X-хромосомой, ген общей цветовой слепоты локализован в гомологичных участках X- и Y-хромосомы. Определите, какие дети могут родиться от брака:

- 1) гетерозиготной по общей цветовой слепоте женщины — носительницы дальтонизма (гены находятся в цис-положении) и гетерозиготного по общей цветовой слепоте (рецессивный ген локализован в Y-хромосоме) мужчины с нормальной свертываемостью крови;
- 2) женщины — носительницы дальтонизма с общей цветовой слепотой и гетерозиготного по общей цветовой слепоте (рецессивный ген локализован в X-хромосоме) мужчины-гемофилика.

Задача 226. У человека рецессивные гены дальтонизма и ночной слепоты («куриная слепота») сцеплены с X-хромосомой и находятся на расстоянии 40 морганид друг от друга. Какова вероятность рождения детей с двумя аномалиями от брака женщины с нормальным зрением, мать которой страдала «куриной слепотой», а отец — дальтонизмом, с нормальным по обоим признакам мужчиной (при условии, что гены дальтонизма и ночной слепоты находятся в цис-положении, а при образовании гамет происходит кроссинговер)?

Задача 227. У человека гены дальтонизма и ночной слепоты («куриная слепота») рецессивны и сцеплены с X-хромосомой. Они находятся на расстоянии 40 морганид друг от друга. Гипертрихоз наследуется как рецессивный, сцепленный с Y-хромосомой признак. Каких детей можно ожидать от брака дигетерозиготной женщины и мужчины с гипертрихозом, дальтонизмом и «куриной слепотой» (при условии, что кроссинговер отсутствует)?

Задача 228. У человека рецессивные гены дальтонизма и ночной слепоты («куриная слепота») сцеплены с X-хромо-

сомой и находятся на расстоянии 40 морганид друг от друга. Перепончатость ног наследуется как рецессивный, сцепленный с Y-хромосомой признак. Каких детей и в каком соотношении можно ожидать от брака дигетерозиготной женщины и мужчины с переponчатymi ногами, дальтонизмом и «куриной слепотой», если:

- 1) у женщины гены дальтонизма и ночной слепоты находятся в цис-положении (кроссинговер отсутствует);
- 2) у женщины гены дальтонизма и ночной слепоты находятся в транс-положении (кроссинговер отсутствует);
- 3) у женщины гены дальтонизма и ночной слепоты находятся в цис-положении (кроссинговер происходит);
- 4) у женщины гены дальтонизма и ночной слепоты находятся в транс-положении (кроссинговер происходит)?

Задача 229. У человека рецессивные гены дальтонизма и ночной слепоты («куриная слепота») сцеплены с X-хромосомой и находятся на расстоянии 40 морганид друг от друга. Переponчатость ног наследуется как рецессивный, сцепленный с Y-хромосомой признак. Карий цвет глаз — доминантный аутосомный признак, голубой цвет — рецессивный аутосомный. Каких детей и в каком соотношении можно ожидать от брака тригетерозиготной кареглазой женщины и гетерозиготного кареглазого мужчины с нормальным зрением и переponчатymi ногами, если:

- 1) у женщины гены дальтонизма и ночной слепоты находятся в цис-положении (кроссинговер отсутствует);
- 2) у женщины гены дальтонизма и ночной слепоты находятся в транс-положении (кроссинговер отсутствует);
- 3) у женщины гены дальтонизма и ночной слепоты находятся в цис-положении (кроссинговер происходит);
- 4) у женщины гены дальтонизма и ночной слепоты находятся в транс-положении (кроссинговер происходит)?

Наследование ограниченных полом и зависимых от пола признаков

Существует ряд признаков, гены которых локализованы либо в аутосомах, либо в половых хромосомах представителей обоих полов, но проявляются лишь у одного из них. Такие признаки называются признаками, **ограниченными полом**. Например, петухи имеют гены, отвечающие за яйценоскость, но у самих петухов эти гены подавлены и их действие проявляется только у дочерей.

Характер доминирования некоторых признаков зависит от пола. Такие признаки называют признаками, **зависимыми от пола**. Например, у овец имеется доминантный ген, определяющий развитие рогов, его рецессивная аллель определяет отсутствие рогов. Но этот ген доминирует только у самцов, у самок он ведет себя как рецессивный. Поэтому гетерозиготные самцы — рогатые, а гетерозиготные самки — комолые. Только в гомозиготном состоянии этот доминантный ген обеспечивает наличие рогов у особей обоих полов.

❖ Пример решения задачи

Задача 043. У человека плешивость — признак, зависимый от пола. У мужчин ген плешивости **S** доминирует, а у женщин нет. Для облысения мужчине достаточно иметь один аллель гена, а женщине — два доминантных аллеля. Какое потомство можно ожидать от брака гетерозиготных женщины и мужчины?

Дано:

S — плешивость

S' — норма

P ♀ **SS'XX** × ♂ **SS'XY**
норма плешь

F₁ — ?

Решение:

1. *Записываем схему скрещивания.*

P ♀ **SS'XX** × ♂ **SS'XY**
норма плешь

2. *Определяем типы гамет родителей. Женщина образует два типа гамет, а мужчина — четыре.*

P

♀ **SS'XX** × ♂ **SS'XY**
норма плешь

Типы гамет SX S'X SX SY
 S'X S'Y

3. Получаем потомков F_1 . Для определения генотипов F_1 воспользуемся решеткой Пеннета.

P ♀ SS'XX × ♂ SS'XY
 норма плешь

Типы гамет SX S'X SX SY
 S'X S'Y

F_1

$\text{♀} \backslash \text{♂}$	SX	S'X	SY	S'Y
SX	SSXX норма	SS'XX норма	SSXY плешь	SS'XY плешь
S'X	SS'XX норма	S'S'XX плешь	SS'XY плешь	S'S'XY норма

4. Проводим анализ потомства. Возможно рождение нормальных девочек, нормальных мальчиков, девочек с признаком раннего облысения и мальчиков с признаком раннего облысения в соотношении 3:3:1:1.

Краткая запись решения задачи:

P ♀ SS'XX × ♂ SS'XY
 норма плешь

Типы гамет SX S'X SX SY
 S'X S'Y

F_1

$\text{♀} \backslash \text{♂}$	SX	S'X	SY	S'Y
SX	SSXX норма	SS'XX норма	SSXY плешь	SS'XY плешь
S'X	SS'XX норма	S'S'XX плешь	SS'XY плешь	S'S'XY норма

3 (нормальные девочки) : 3 (нормальные мальчики) : 1 (девочки с признаком раннего облысения) : 1 (мальчики с признаком раннего облысения).

Ответ: возможно рождение нормальных девочек, нормальных мальчиков, девочек с признаком раннего облысения и мальчиков с признаком раннего облысения в соотношении 3:3:1:1.

◆ Задачи для самостоятельного решения

Задача 230. Рогатость у овец — признак, зависимый от пола. У овец ген **Н** определяет развитие рогов, ген **Н'** — отсутствие рогов. Самцы с генотипами **НН** и **НН'** — рогатые. Имея генотип **НН**, самки могут быть рогатыми, а гетерозиготные самки — комолыми.

- 1) Какой генотип могут иметь животные:
 - а) рогатый баран;
 - б) комолый баран;
 - в) рогатая овца;
 - г) комолая овца?
- 2) Какое потомство можно ожидать от следующих скрещиваний:
 - а) ♀ **НН'ХХ** × ♂ **Н'Н'ХУ**;
 - б) ♀ **ННХХ** × ♂ **НН'ХУ**?

Задача 231. Рогатость у овец — признак, зависимый от пола. У овец ген **Н** определяет развитие рогов, ген **Н'** — отсутствие рогов. Самцы с генотипами **НН** и **НН'** — рогатые. Имея генотип **НН**, самки могут быть рогатыми, а гетерозиготные самки — комолыми. Какое потомство и в каком числовом соотношении можно ожидать от скрещивания:

- 1) рогатой самки и гомозиготного рогатого самца;
- 2) гетерозиготных по гену рогатости самца и самки;
- 3) безрогого самца и рогатой самки?

Задача 232. У человека плешивость — признак, зависимый от пола. У мужчин ген плешивости доминирует, а у женщин нет. Для облысения мужчине достаточно иметь одну аллель гена. У женщин облысение наступает только при наличии в генотипе двух доминантных аллелей. Какое потомство можно ожидать от брака:

- 1) лысого гомозиготного мужчины и гетерозиготной по гену плешивости женщины с нормальными волосами;
- 2) лысого гетерозиготного мужчины с женщиной, имеющей нормальные волосы, мать которой была лысой;
- 3) лысого гетерозиготного мужчины и лысой женщины?

Задача 233. У человека аутосомный ген плешивости S является доминантным у мужчин и рецессивным у женщин. Женщина, имеющая лысого брата и отца, выходит замуж за лысого мужчину. От этого брака рождаются нормальный сын и рано облысевшая дочь, которая выходит замуж за нормального мужчину.

- 1) Каковы генотипы всех членов этой семьи?
- 2) Какова вероятность рождения от этого брака сына, склонного к раннему облысению?

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ГЕНОВ

Взаимоотношение между генами и признаками часто носит 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.

Как правило, взаимодействие генов имеет биохимическую природу, то есть оно основано на совместном действии белков, синтез которых контролируется определенными генами. Взаимодействовать друг с другом могут как аллельные, так и неаллельные гены.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ АЛЛЕЛЬНЫХ ГЕНОВ

Полное доминирование

Полным называют доминирование, при котором в фенотипе гетерозигот присутствует продукт одного гена.

Неполное (промежуточное) доминирование

Неполным называют доминирование, при котором фенотип гетерозигот отличается от фенотипа как гомозигот по доминантному признаку, так и гомозигот по рецессивному признаку, и имеет среднее (промежуточное) значение между ними. При неполном доминировании расщепление по генотипу соответствует расщеплению по фенотипу. Например, при скрещивании красноплодного и белоплодного сортов земляники все первое поколение гибридов получается розовоплодным.

Так как ни одна из аллелей гена не является ни доминантной, ни рецессивной, их лучше обозначать одинаковой

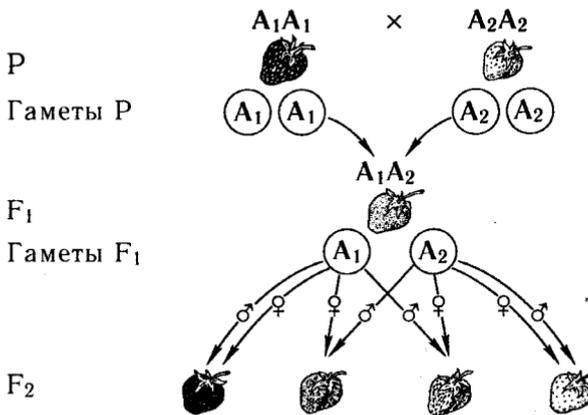


Рис. 7. Наследование окраски плода у земляники при явлении неполного доминирования.

буквой, но с разными индексами (например, A_1 — красная окраска плода, A_2 — белая окраска плода).

Кодоминирование

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 — i^0 , I^A , I^B . Три аллели формируют шесть генотипов: i^0i^0 — первая, I^AI^A или I^Ai^0 — вторая, I^BI^B или I^Bi^0 — третья, I^AI^B — четвертая группа крови.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ НЕАЛЛЕЛЬНЫХ ГЕНОВ

Комплементарность

Комплементарными называют гены, обуславливающие при совместном сочетании в генотипе в гомозиготном или гетерозиготном состоянии новое фенотипическое проявление признака. Особенности расщепления потомства от скрещивания при комплементарном взаимодействии генов

зависят от того, имеют ли эти гены самостоятельное фенотипическое проявление:

- ♦ **9:3:3:1** — каждый доминантный ген имеет самостоятельное фенотипическое проявление, сочетание в генотипе двух этих генов обуславливает развитие нового фенотипического проявления, а их отсутствие — не дает развития признака. Например, ген **A** обуславливает развитие голубой окраски оперения волнистых попугайчиков, ген **B** — желтой, попугайчики с генотипом **A_B_** имеют зеленую окраску, а с генотипом **aabb** — белую;

- ♦ **9:7** — доминантные и рецессивные аллели комплементарных генов не имеют самостоятельного фенотипического проявления. Например, пурпурная окраска венчика цветка у душистого горошка развивается только при совместном сочетании в генотипе доминантных генов **A** и **B**, во всех остальных случаях окраска отсутствует, и венчик оказывается белым;



Рис. 8. Наследование окраски венчика цветка душистого горошка при комплементарном взаимодействии генов.

- ♦ **9:3:4** — доминантные и рецессивные аллели комплементарных генов имеют самостоятельное фенотипическое проявление. Например, окраска у кроликов определяется двумя комплементарными генами: **A** — наличие окраски, **a** — отсутствие, **B** — черная окраска, **b** — голубая окраска;

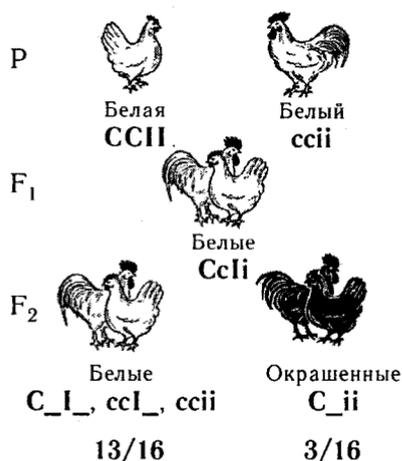
- ♦ **9:6:1** — сочетание доминантных аллелей комплементарных генов обеспечивает формирование одного признака, сочетание рецессивных аллелей этих генов — другого, а наличие в генотипе только одного из доминантных генов — третьего. Например, тыквы с генотипом **A_B_** имеют дисковидную форму плода, с генотипом **aabb** — удлиненную, а с генотипами **A_bb** и **aaB_** — сферическую.

Эпистаз

Эпистатичным называют такое взаимодействие неаллельных генов, при котором один из них подавляет действие другого. Ген, подавляющий действие другого неаллельного гена, называется **супрессором**, или **ингибитором**, и обозначается буквами **I** или **S**. Подавляемый ген называют **гипостатичным**.

Эпистаз может быть доминантным и рецессивным.

Доминантным эпистазом называют подавление действия гена доминантной аллелью другого гена. Расщепление потомков F_2 при доминантном эпистазе может быть различным:



• **13:3** — расщепление наблюдается в том случае, если доминантная аллель эпистатичного гена не имеет своего фенотипического проявления, а лишь подавляет действие другого гена, в то время как его рецессивная аллель не влияет на проявление признака. Например, у некоторых пород кур наличие доминантного эпистатичного гена подавляет развитие окраски оперения, при его отсутствии куры окрашены;

Рис. 9. Наследование окраски оперения при эпистатичном взаимодействии генов.

• **12:3:1** — расщепление, наблюдающееся в том случае, если гомозиготная по рецессивным признакам особь имеет особый фенотип.

Например, в потомстве от скрещивания двух дигетерозиготных собак щенки с генотипом I_aa имеют белую окраску, с генотипом $iiA_$ — черную, а с генотипом $ii aa$ — коричневую.

Рецессивным эпистазом называют такое взаимодействие неаллельных генов, при котором рецессивная аллель эпистатичного гена в гомозиготном состоянии подавляет

действие другого гена. При одинарном рецессивном эпистазе рецессивная аллель *одного* гена подавляет действие *другого* (aa подавляет B_-). При двойном — рецессивная аллель *каждого* гена в гомозиготном состоянии подавляет действие доминантной аллели *другого* (aa подавляет B_- , bb подавляет A_-). При рецессивном эпистазе в потомстве может наблюдаться расщепление **9:3:4** или **9:7**. Такое же расщепление характерно и для комплементарного взаимодействия некоторых генов (см. выше). Определить характер наследования признаков в случае рецессивного эпистаза можно только сочетая гибридологический анализ с изучением биохимии и физиологии развития данного признака.

Полимерия

Полимерным называют взаимодействие неаллельных генов, однозначно влияющих на развитие одного и того же признака. Такие гены называются **полимерными**, или **множественными**, и обозначаются одинаковыми буквами с соответствующим индексом (например, A_1, A_2).

Чаще всего полимерные гены контролируют количественные признаки (высота растений, масса животных, яйценоскость кур, длина волокон у льна, содержание сахара в корнеплодах сахарной свеклы и т.д.).

Полимерия может быть кумулятивной (аддитивной, суммирующей) и некумулятивной.



Рис. 10. Наследование окраски зерновки пшеницы при полимерном взаимодействии генов.

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 $a_1a_1a_2a_2$ имеют неоперенные ноги, во всех остальных случаях — ноги оперены, причем степень оперенности ног одинакова при любом числе доминантных аллелей в генотипе.

◇ Вопросы и задания для самоконтроля

1. Какие типы взаимодействия аллельных генов вам известны?
2. Что такое неполное доминирование?
3. Как по расщеплению гибридов, полученных от скрещивания гетерозиготных организмов, определить вид доминирования (полное или неполное)?
4. Почему при неполном доминировании расщепление гибридов второго поколения по генотипу соответствует расщеплению по фенотипу?
5. Что такое кодоминирование?
6. Какие типы взаимодействия неаллельных генов вам известны?
7. Какое взаимодействие неаллельных генов называется комплементарным?
8. От чего зависит характер расщепления потомства при комплементарном взаимодействии генов?
9. Что такое эпистаз?
10. Какой ген называют эпистатическим?
11. Какой ген называют гипостатическим?
12. Чем доминантный эпистаз отличается от рецессивного?
13. Что такое полимерия?
14. Чем кумулятивная полимерия отличается от некумулятивной?

15. Из вариантов ответов, предложенных к тестовым заданиям, выберите один верный.

1. Вид взаимодействия аллельных генов, при котором фенотип гетерозигот формируется в результате совместного действия двух генов, называется...

- а) неполное доминирование
- б) полное доминирование
- в) комплементарность
- г) кодоминирование

2. Вид взаимодействия аллельных генов, при котором у гибридов наблюдается промежуточный характер наследования признака, называется...

- а) неполное доминирование
- б) полное доминирование
- в) комплементарность
- г) кодоминирование

3. Вид взаимодействия аллельных генов, при котором у гетерозигот проявляется только доминантный признак, называется...

- а) неполное доминирование
- б) полное доминирование
- в) комплементарность
- г) кодоминирование

4. К взаимодействию аллельных генов не относится:

- а) кодоминирование
- б) неполное доминирование
- в) полное доминирование
- г) эпистаз

5. К взаимодействию неаллельных генов не относится:

- а) полное доминирование
- б) полимерия
- в) эпистаз
- г) комплементарность

6. Явление, при котором один ген оказывает влияние на формирование нескольких признаков, называется...

- а) неполное доминирование
- б) полимерия

- в) эпистаз
- г) плейотропия

7. Генотип человека, имеющего вторую группу крови:

- а) i^0i^0
- б) $I^A i^0$ или $I^A I^A$
- в) $I^B i^0$ или $I^B I^B$
- г) $I^A I^B$

8. Генотип человека, имеющего третью группу крови:

- а) i^0i^0
- б) $I^A i^0$ или $I^A I^A$
- в) $I^B i^0$ или $I^B I^B$
- г) $I^A I^B$

9. Генотип человека, имеющего четвертую группу крови:

- а) i^0i^0
- б) $I^A i^0$ или $I^A I^A$
- в) $I^B i^0$ или $I^B I^B$
- г) $I^A I^B$

10. Группа крови человека с генотипом $I^A I^A$:

- а) I
- б) II
- в) III
- г) IV

11. Группа крови человека с генотипом $I^A I^B$:

- а) I
- б) II
- в) III
- г) IV

12. Группа крови человека с генотипом $I^B I^B$:

- а) I
- б) II
- в) III
- г) IV

13. Группа крови человека с генотипом $I^A i^0$:

- а) I
- б) II
- в) III
- г) IV

14. Группа крови человека с генотипом $I^B i^0$:

- а) I
- б) II
- в) III
- г) IV

15. Группа крови человека с генотипом $I^0 I^0$:

- а) I
- б) II
- в) III
- г) IV

16. Генотип человека, имеющего первую группу крови:

- а) i^0i^0
- б) $I^A i^0$ или $I^A I^A$
- в) $I^B i^0$ или $I^B I^B$
- г) $I^A I^B$

17. Комплементарным называют...

- а) взаимодействие неаллельных генов, обуславливающих при совместном сочетании в генотипе появление нового фенотипического проявления признака
- б) взаимодействие неаллельных генов, при котором аллель одного гена подавляет действие аллелей других генов
- в) взаимодействие неаллельных генов, при котором несколько генов однозначно влияют на развитие одного и того же признака

- г) взаимодействие аллельных генов, при котором фенотип гетерозигот формируется в результате совместного действия двух генов

18. Полимерным называют...

- а) взаимодействие неаллельных генов, обуславливающих при совместном сочетании в генотипе появление нового фенотипического проявления признака
- б) взаимодействие неаллельных генов, при котором аллель одного гена подавляет действие аллелей других генов
- в) взаимодействие неаллельных генов, при котором несколько генов однозначно влияют на развитие одного и того же признака
- г) взаимодействие аллельных генов, при котором фенотип гетерозигот формируется в результате совместного действия двух генов

19. Эпистатичным называют...

- а) взаимодействие неаллельных генов, обуславливающих при совместном сочетании в генотипе появление нового фенотипического проявления признака
- б) взаимодействие неаллельных генов, при котором аллель одного гена подавляет действие аллелей других генов
- в) взаимодействие неаллельных генов, при котором несколько генов однозначно влияют на развитие одного и того же признака
- г) взаимодействие аллельных генов, при котором фенотип гетерозигот формируется в результате совместного действия двух генов

20. Кодоминированием называют...

- а) взаимодействие неаллельных генов, обуславливающих при совместном сочетании в генотипе появление нового фенотипического проявления признака
- б) взаимодействие неаллельных генов, при котором аллель одного гена подавляет действие аллелей других генов
- в) взаимодействие неаллельных генов, при котором несколько генов однозначно влияют на развитие одного и того же признака

дигибридном скрещивании. Особое внимание обращайтесь на:

- ♦ условные обозначения генов при неполном доминировании и при их полимерном взаимодействии генов;
- ♦ характер расщепления гибридов.

❖ Примеры решения задач

Задача 044. От скрещивания усатого растения земляники с красными ягодами с безусым растением, имеющим белые ягоды, в F_1 все растения усатые с розовыми ягодами. В F_2 произошло расщепление: 16 растений усатых красноплодных, 5 безусых красноплодных, 32 усатых розовоплодных, 11 безусых розовоплодных, 14 усатых белоплодных и 4 безусых белоплодных. Определите: 1) характер наследования окраски ягод и усатости; 2) генотипы всех фенотипических групп F_2 .

- 1. Определяем характер наследования признаков.* В F_1 все растения единообразны — усатые с розовыми плодами. Ягоды F_1 имеют признак, отличный от признаков родительских форм. Следовательно, наличие усов наследуется по типу полного доминирования, а окраска ягод — промежуточного. Проверим правильность нашего решения по расщеплению гибридов второго поколения. Проанализируем наследование каждого признака по отдельности. В F_2 62 усатых растения и 20 безусых, что соответствует расщеплению в соотношении 3:1; 21 красноплодное растение, 43 розовоплодных, 18 белоплодных, что соответствует расщеплению в соотношении 1:2:1. Полученное расщепление доказывает правильность рассуждений о характере наследования признаков.
- 2. Вводим обозначение генов.*
А — наличие усов, а — отсутствие усов;
 B_1 — красная окраска, B_2 — белая окраска, сочетание генов B_1B_2 — розовая окраска.
- 3. Делаем краткую запись условия задачи и решаем ее.*

Дано:

A — усы

a — безусость

B₁ — красные ягоды

B₂ — белые ягоды

B₁B₂ — розовые ягоды

F₁ — усатые, розовоцвет.

F₂ — 16 ус. крас., 5 безус.

крас., 32 ус. розов., 11 безус.

розов., 14 ус. бел., 4 безус.

бел.

Генотипы F₂ — ?

Решение:

4. Записываем схему скрещивания. По условию задачи растения гомозиготны.

P ♀ AAB₁B₁ × ♂ aaB₂B₂
ус. крас. безус. бел.

5. Определяем типы гамет скрещиваемых особей.

P ♀ AAB₁B₁ × ♂ aaB₂B₂
ус. крас. безус. бел.

Типы гамет (AB₁) (aB₂)

6. Определяем генотипы и фенотипы потомков F₁.

P ♀ AAB₁B₁ × ♂ aaB₂B₂
ус. крас. безус. бел.

F₁ AaB₁B₂
ус. розов.
100%

7. Записываем скрещивание потомков F₁.

P ♀ AaB₁B₂ × ♂ AaB₁B₂
ус. розов. ус. розов.

8. Определяем типы гамет. Потомки F₁ дигетерозиготны, поэтому они образуют по четыре типа гамет.

P ♀ AaB₁B₂ × ♂ AaB₁B₂
ус. розов. ус. розов.

Типы гамет (AB₁) (AB₂) (aB₁) (aB₂)

9. Получаем потомков F₂, используя решетку Пеннета.

P ♀ AaB₁B₂ × ♂ AaB₁B₂
ус. розов. ус. розов.

Типы гамет (AB₁) (AB₂) (aB₁) (aB₂)

Типы гамет	♀ \ ♂	AB_1	AB_2	aB_1	aB_2
	F_1	AB_1	AAB_1B_1 ус. крас.	AAB_1B_2 ус. розов.	AaB_1B_1 ус. крас.
F_2	AB_2	AAB_1B_2 ус. розов.	AAB_2B_2 ус. бел.	AaB_1B_2 ус. розов.	AaB_2B_2 ус. бел.
	aB_1	AaB_1B_1 ус. крас.	AaB_1B_2 ус. крас.	AaB_1B_1 безус. крас.	aaB_1B_2 безус. розов.
	aB_2	AaB_1B_2 ус. розов.	AaB_2B_2 ус. бел.	aaB_1B_2 безус. крас.	aaB_2B_2 безус. бел.

10. Проводим анализ скрещивания.

В F_2 усатые красноплодные растения имеют генотип $A_B_1B_1$, усатые розовоплодные — $A_B_1B_2$, усатые белоплодные — $A_B_2B_2$, безусые красноплодные — AaB_1B_1 , безусые розовоплодные — AaB_1B_2 , безусые белоплодные — AaB_2B_2 .

Краткая запись решения задачи:

В F_1 все растения единообразны — усатые с розовыми плодами. Ягоды F_1 имеют признак, отличный от признаков родительских форм. Следовательно, наличие усов наследуется по типу полного доминирования, а окраска ягод — промежуточного.

A — наличие усов, a — отсутствие усов; B_1 — красная окраска, B_2 — белая окраска, сочетание генов B_1B_2 — розовая окраска.

P ♀ AAB_1B_1 × ♂ aaB_2B_2
 ус. крас. безус. бел.

F_1 AaB_1B_2
 ус. розов.
 100%

P ♀ AaB_1B_2 × ♂ AaB_1B_2
 ус. розов. ус. розов.

Типы гамет (AB_1) (AB_2) (AB_1) (AB_2)
 (aB_1) (aB_2) (aB_1) (aB_2)

Типы гамет	♀ \ ♂	AB ₁	AB ₂	aB ₁	aB ₂
		F ₁	AB ₁	AAB ₁ B ₁ ус. крас.	AAB ₁ B ₂ ус. розов.
F ₂	AB ₂	AAB ₁ B ₂ ус. розов.	AAB ₂ B ₂ ус. бел.	AaB ₁ B ₂ ус. розов.	AaB ₂ B ₂ ус. бел.
	aB ₁	AaB ₁ B ₁ ус. крас.	AaB ₁ B ₂ ус. крас.	AaB ₁ B ₁ безус. крас.	aaB ₁ B ₂ безус. розов.
	aB ₂	AaB ₁ B ₂ ус. розов.	AaB ₂ B ₂ ус. бел.	aaB ₁ B ₂ безус. крас.	aaB ₂ B ₂ безус. бел.

В F₂ усатые красноплодные растения имеют генотип A₋B₁B₁, усатые розовоплодные — A₋B₁B₂, усатые белоплодные — A₋B₂B₂, безусые красноплодные — AaB₁B₁, безусые розовоплодные — AaB₁B₂, безусые белоплодные — AaB₂B₂.

Ответ: 1) наличие усов наследуется по типу полного доминирования, окраска ягод — промежуточного;

2) генотипы F₂:

усатые красноплодные — AAB₁B₁, AaB₁B₁;

усатые розовоплодные — AAB₁B₂, AaB₁B₂;

усатые белоплодные — AAB₂B₂, AaB₂B₂;

безусые красноплодные — AaB₁B₁;

безусые розовоплодные — AaB₁B₂;

безусые белоплодные — AaB₂B₂.

Задача 045. При скрещивании белых морских свинок с черными потомство получается серое, а в F₂ наблюдается расщепление 9 (серые) : 3 (черные) : 4 (белые). Определите: 1) каков характер наследования окраски шерсти у морских свинок; 2) какое потомство можно ожидать от скрещивания дигетерозиготного самца с гомозиготной по первому рецессивному и гетерозиготной по второму признаку самкой.

1. *Определяем характер наследования признаков.* В F₁ все потомство единообразное — серое. Признак в F₁ отличается от признаков родительских форм, то есть произошло новообразование. Следовательно, окраска шер-

сти наследуется либо по типу неполного доминирования, либо по типу комплементарного взаимодействия генов. Проанализируем наследование признака в F_2 . В F_2 наблюдается расщепление в соотношении 9:3:4. Такое расщепление характерно для комплементарного взаимодействия генов. Значит, окраска шерсти контролируется двумя парами неаллельных комплементарных генов. Особи с генотипом $A_B_$ имеют серую окраску, с генотипом A_bb — черную, с генотипами $aaB_$ и $aabb$ — белую.

2. *Определяем генотипы скрещиваемых особей.* Самец дигетерозиготен, то есть его генотип — $AaBb$. Самка гомозиготна по первому рецессивному и гетерозиготна по второму признаку, то есть ее генотип — $aaBb$.

3. *Делаем краткую запись условия задачи и решаем ее.*

Дано:

A_bb — черная окраска
 $aaB_$ и $aabb$ — белая окраска
 $A_B_$ — серая окраска
 P ♀ $aaBb$ × ♂ $AaBb$
 белая серая

Решение:

4. *Записываем схему скрещивания.*

P ♀ $aaBb$ × ♂ $AaBb$
 белая серая

5. *Определяем типы гамет скрещиваемых особей.*

F_1 — ?

P ♀ $aaBb$ × ♂ $AaBb$
 белая серая

Типы гамет

(aB) (ab)

(AB) (Ab)

(aB) (ab)

6. *Определяем генотипы и фенотипы потомков F_1 .*

P ♀ $aaBb$ × ♂ $AaBb$
 белая серая

Типы гамет P

♀ \ ♂	AB	Ab	aB	ab
aB	$AaBB$ серая	$AaBb$ серая	$aaBB$ белая	$aaBb$ белая
ab	$AaBb$ серая	$Aabb$ черная	$aaBb$ белая	$aabb$ белая

F_1

нотип **Aaⁱⁱ**, так как только при наличии двух рецессивных аллелей эпистатического гена это растение может иметь такие лепестки. Генотип дигетерозиготного растения — **Aa^{li}**.

2. Делаем краткую запись условия задачи и решаем ее.

Дано:

A — гофрированные лепестки

a — гладкие лепестки

I — эпистатичный ген

P ♀ **Aaⁱⁱ** × ♂ **Aa^{li}**

гофр. гладкие

Вероятность гофрированных в F₁ — ?

Решение:

3. *Записываем схему скрещивания.*

P ♀ **Aaⁱⁱ** × ♂ **Aa^{li}**

гофр. гладкие

4. *Определяем типы гамет скрещиваемых особей.*

P ♀ **Aaⁱⁱ** × ♂ **Aa^{li}**
 гофр. гладкие

Типы гамет (Ai) (ai) (Al) (Al) (Ai) (Ai) (al) (al) (ai) (ai)

5. *Определяем генотипы и фенотипы потомков F₁.*

P ♀ **Aaⁱⁱ** × ♂ **Aa^{li}**
 гофр. гладкие

Типы гамет P	♀ \ ♂	Al	Ai	al	ai
F ₁	Ai	AA^{li} гладкие	AAⁱⁱ гофрир.	Aa^{li} гладкие	Aaⁱⁱ гофрир.
	ai	Aa^{li} гладкие	Aaⁱⁱ гофрир.	aa^{li} гладкие	aaⁱⁱ гладкие

6. *Анализируем потомство от скрещивания.* В F₁ наблюдается расщепление 5 (гладкие) : 3 (гофрированные).

Краткая запись решения задачи:

P ♀ **Aaⁱⁱ** × ♂ **Aa^{li}**
 гофр. гладкие

Типы гамет Р

	♀	♂	AI	Ai	aI	ai
	F ₁					
	Ai		AAIi гладкие	AAii гофрир.	AaIi гладкие	Aaii гофрир.
	ai		AaIi гладкие	Aaii гофрир.	aaIi гладкие	aaII гладкие

5 (гладкие) : 3 (гофрированные).

Ответ: вероятность появления растений с гофрированными лепестками — 3/8.

Задача 047. 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 (булавовидный) — 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 ♀ $A_1A_1a_2a_2$ × ♂ $A_1a_1A_2A_2$. Какую максимально возможную плотность колоса могут иметь растения F₁?

Дано:

$A_1A_1A_2A_2$ — рыхлый

$A_1a_1A_2A_2$, $A_1A_1A_2a_2$ — средней плотности

$A_1a_1A_2a_2$, $a_1a_1A_2A_2$, $A_1A_1a_2a_2$ — выше средней плотности

$A_1a_1a_2a_2$, $a_1a_1A_2a_2$ — плотный

Р ♀ $A_1A_1a_2a_2$ × ♂ $A_1a_1A_2A_2$
 выше средней пл. средней пл.

Максимальная плотность в F₁ — ?

Решение:

1. *Записываем схему скрещивания.*

Р ♀ $A_1A_1a_2a_2$ × ♂ $A_1a_1A_2A_2$
 выше средней пл. средней пл.

2. *Определяем типы гамет скрещиваемых особей.*

Р ♀ $A_1A_1a_2a_2$ × ♂ $A_1a_1A_2A_2$
 выше средней пл. средней пл.

Типы гамет (A_1a_2) (A_1A_2)
 (a_1A_2)

3. Определяем генотипы и фенотипы потомков F_1 .

Р $\text{♀ } A_1A_1a_2a_2 \times \text{♂ } A_1a_1A_2A_2$
 выше средней пл. средней пл.

Типы гамет (A_1a_2) (A_1A_2) (a_1A_2)

F_1 $A_1A_1A_2a_2$ $A_1a_1A_2a_2$
 средней пл. выше средней пл.

Краткая запись решения задачи:

Р $\text{♀ } A_1A_1a_2a_2 \times \text{♂ } A_1a_1A_2A_2$
 выше средней пл. средней пл.

Типы гамет (A_1a_2) (A_1A_2) (a_1A_2)

F_1 $A_1A_1A_2a_2$ $A_1a_1A_2a_2$
 средней пл. выше средней пл.

Ответ: максимально возможная плотность колоса у растений F_1 — выше средней.

◆ Задачи для самостоятельного решения

Задача 234. У львиного зева и ночной красавицы красная окраска цветков R_1 не полностью доминирует над белой окраской R_2 . Взаимодействие генов R_1 и R_2 дает розовую окраску цветков.

- 1) Определить окраску цветков львиного зева в потомстве каждого из следующих скрещиваний:

а) $\text{♀ } R_1R_2 \times \text{♂ } R_1R_2$;	в) $\text{♀ } R_2R_2 \times \text{♂ } R_1R_1$;
б) $\text{♀ } R_1R_1 \times \text{♂ } R_1R_2$;	г) $\text{♀ } R_1R_2 \times \text{♂ } R_2R_2$.
- 2) В результате скрещивания гомозиготного красного растения львиного зева (R_1R_1) с белым (R_2R_2) все потомство оказывается с розовыми цветками. Каково будет расщепление в F_2 по признаку окраски?
- 3) Красноцветковое растение львиного зева скрещено с белоцветковым. Определите фенотипы: а) F_1 ; б) F_2 , в) потомства от возвратного скрещивания растения F_1 с его белоцветковым родителем; г) потомства от возвратного скрещивания растения F_1 с его красноцветковым родителем.

- 4) Определите фенотипы и генотипы потомства от скрещивания двух растений львиного зева с розовыми цветками.
- 5) При скрещивании двух растений львиного зева получены гибриды, из которых $1/4$ имели красные, $1/2$ — розовые и $1/4$ — белые цветки. Определите генотип и фенотип родителей.
- 6) При скрещивании двух растений ночной красавицы половина гибридов имела розовые, а половина — белые цветки. Определите генотип и фенотип родителей.
- 7) Растение ночной красавицы с розовыми цветками опылено пыльцой красноцветкового растения. Определите генотипы и фенотипы гибридов от этого скрещивания.
- 8) Определите фенотип растений ночной красавицы, от скрещивания которых получены растения с белыми цветками.

Задача 235. У крупного рогатого скота R_1R_1 — красная масть, R_2R_2 — белая, R_1R_2 — чалая.

- 1) Имеется чалый бык, а коровы — всех трех окрасок. Какова вероятность появления чалого теленка в каждом из трех возможных скрещиваний?
- 2) Какой генотип имеют особи, если от их скрещивания рождаются телята только красной масти?

Задача 236. Черный цвет андалузских кур обусловлен доминантным геном B_1 , белый цвет — геном B_2 и голубой цвет — генами B_1B_2 .

- 1) Какой в данном случае будет тип наследования признака?
- 2) Какую окраску оперения у кур можно ожидать в потомстве F_1 и F_2 , если скрестить черного петуха с белой курицей? Какой в данном случае будет тип наследования признака?
- 3) Какой генотип имеют курица и петух, от скрещивания которых получены только черные цыплята?
- 4) Какова вероятность получения черных цыплят от скрещивания голубых петуха и курицы?

Задача 237. У земляники красный цвет плода полностью доминирует над белым. Гетерозиготные особи имеют розовую окраску. Какой генотип имели растения, если от их скрещивания половина растений имела красные плоды, а половина — розовые?

Задача 238. Ген A_1 обуславливает развитие у человека нормальных глазных яблок. Ген A_2 определяет почти полное отсутствие глазных яблок (анофтальмия). Сочетание генов A_1A_2 в генотипе человека определяет развитие уменьшенных глазных яблок (микрофтальмия). Какое строение глаз унаследует дети, если мужчина, имеющий анофтальмию, женился на женщине с нормальным строением глазных яблок?

Задача 239. Желтая морская свинка при скрещивании с белой всегда дает кремовых потомков. Скрещивание кремовых свинок между собой всегда дает расщепление 1 желтая : 2 кремовые : 1 белая. Определите: 1) характер наследования окраски; 2) вероятность рождения белых морских свинок от скрещивания кремовых.

Задача 240. У редиса корнеплод может быть длинным, круглым или овальным. Проведены следующие скрещивания:

Корнеплод родителей	Корнеплод потомства
длинный × овальный	159 — длинных, 156 — овальных
круглый × овальный	199 — круглых, 203 — овальных
овальный × овальный	121 — длинных, 119 — круглых, 243 — овальных

1) Каков характер наследования признаков? 2) Какое может быть потомство от самоопыления растений, имеющих длинный корнеплод? Круглый?

Задача 241. При скрещивании горностаевых петуха и курицы получено 46 цыплят. Из них 24 горностаевых, 12 черных и 10 белых. Определите: 1) как наследуется горностаевая окраска; 2) каких надо брать родителей, чтобы получать только горностаевых цыплят.

Задача 242. При скрещивании черного петуха с белой курицей цыплята крапчатые, а в F_2 наблюдается расщепление 1 черный : 2 крапчатых : 1 белый. Определите: 1) характер наследования окраски; 2) фенотип потомства от скрещивания крапчатых с черными и белыми.

Задача 243. У земляники два признака (наличие усов и окраска ягод) наследуются независимо. Скрещивали гомозиготные растения, имеющие усы и белые ягоды, с гомозиготными растениями, не образующими усы и имеющими красные ягоды. В F_1 получили 112 растений. Все они образовывали усы и имели розовые ягоды. От скрещивания растений F_1 с гомозиготными растениями, имеющими белые ягоды и не образующими усы, получили 680 растений F_a .

- 1) Сколько типов гамет может образовать растение F_1 ?
- 2) Сколько разных генотипов могут иметь растения F_a ?
- 3) Сколько разных фенотипов могут иметь растения F_a ?
- 4) Сколько растений F_a могут иметь розовые ягоды и не образовывать усы?
- 5) Сколько растений F_a могут иметь белые ягоды и образовывать усы?

Задача 244. У декоративного растения львиный зев форма цветков и их окраска наследуются независимо. Скрещивали гомозиготное растение, имеющее цветки нормальной формы и красной окраски, с гомозиготными растениями, имеющими цветки пилорической формы и белой окраски. В F_1 получили 122 растения (все имели цветки нормальной формы и розовой окраски), в F_2 — 894.

- 1) Сколько растений F_1 могли быть гетерозиготными?
- 2) Сколько разных типов гамет может образовать растение F_1 ?
- 3) Сколько растений F_2 могут иметь цветки нормальной формы?
- 4) Сколько разных фенотипов могут иметь растения F_2 ?
- 5) Сколько растений F_2 могут иметь розовые цветки нормальной формы?

Задача 245. У коров комолость доминирует над рогатостью, а красная масть — над белой. У шортгорнской поро-

ды наблюдается кодоминирование, и гетерозиготные животные имеют чалую масть (бело-красную). При скрещивании гомозиготных комолых белых коров с гомозиготным рогатым красным быком шортгорнской породы в F_1 получили 6 животных, в F_2 — 33.

- 1) Сколько разных типов гамет может образовать коро-ва F_1 ?
- 2) Сколько разных фенотипов имеют животные F_2 ?
- 3) Сколько разных генотипов могут иметь животные F_2 ?
- 4) Сколько животных F_2 могут быть комолыми чалыми?
- 5) Сколько животных F_2 могут быть рогатыми чалыми?

Задача 246. У львиного зева красная окраска цветка R_1 не полностью доминирует над белой R_2 . Сочетание генов R_1R_2 обуславливает розовую окраску цветка. Нормальная форма цветка N доминирует над пилорической n .

- 1) Определите фенотипы потомства скрещиваний:
 - а) ♀ $R_1R_1Nn \times \text{♂ } r_1r_1nn$; г) ♀ $R_2R_2NN \times \text{♂ } R_1R_1NN$;
 - б) ♀ $R_2R_2Nn \times \text{♂ } R_2R_2Nn$; д) ♀ $R_1R_2NN \times \text{♂ } R_1R_2NN$;
 - в) ♀ $R_1R_2Nn \times \text{♂ } R_1R_2nn$; е) ♀ $R_1R_1nn \times \text{♂ } R_1R_1nn$.
- 2) Растения, дигетерозиготные по окраске и форме цветка, скрещены между собой. Определите генотип и фенотип полученного потомства.
- 3) Растения, имеющие розовые и пилорические цветки, скрещены между собой. Определите генотип и фенотип полученного потомства.
- 4) Растение с розовыми и пилорическими цветками опылено пылью растения, у которого белые и пилорические цветки. Определите генотип и фенотип полученного потомства.
- 5) Белоцветковые растения, гетерозиготные по форме цветка, опылены между собой. Определите генотип и фенотип полученного потомства.

Задача 247. У человека группы крови систем АВО контролируются серией множественных аллелей одного гена — i^0 , I^A , I^B . Они формируют шесть генотипов: i^0i^0 — первая, I^AI^A или I^Ai^0 — вторая, I^BI^B или I^Bi^0 — третья, I^AI^B — четвертая группа крови.

- 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, а 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 родителями ребенка?
- 5) Если мать имеет четвертую группу крови, а отец — третью, то какие группы крови невозможны у их детей?
- 6) Родители имеют II и III группы крови, а их сын — I группу. Определите генотип крови родителей и ребенка.
- 7) У матери I группа крови, у отца IV. Могут ли дети унаследовать группу крови одного из родителей?
- 8) В родильном доме перепутали двух мальчиков. У одного ребенка I группа крови, у другого — II группа. Анализ показал, что одна супружеская пара имеет I и II группы крови, а другая — II и IV группы. Определите, какой супружеской паре принадлежит тот или иной ребенок.

Задача 248. У ячменя образование хлорофилла, обуславливающего зеленую окраску растений, контролируется комплементарными генами **A** и **B**. Если растение имеет генотип **A₁b₁b₂** или **a₁a₂B₁**, то хлорофилл не образуется, и оно бывает белым. Растение с генотипом **aaB₁** имеет желтую окраску. От скрещивания зеленых гетерозиготных растений между собой получили 516 потомков.

- 1) Сколько гибридов могут иметь белую окраску?
- 2) Сколько гибридов могут иметь желтую окраску?
- 3) Сколько зеленых растений могут быть гетерозиготными по обоим генам?
- 4) Сколько растений из 124, полученных при скрещивании гетерозиготных зеленых растений с зелеными гомозиготными, могут быть зелеными?
- 5) Сколько из них могут быть гомозиготными?

Задача 249. У люцерны окраска цветков обуславливается комплементарным взаимодействием двух генов **A** и **B**. При скрещивании гомозиготных растений с пурпурными и желтыми цветками в F_1 получили растения с зелеными цветками, в F_2 — 190 растений, из них 12 — с белыми цветками.

- 1) Сколько разных фенотипов может быть в F_2 ?
- 2) Сколько разных генотипов может быть в F_2 ?
- 3) Сколько растений с зелеными цветками в F_2 могут быть доминантными гомозиготами?
- 4) Сколько растений F_2 с желтыми цветками могут быть гомозиготными?
- 5) Сколько растений F_2 с пурпурными цветками могут быть гетерозиготными по одному гену?

Задача 250. У льна окраска венчика наследуется по типу комплементарного взаимодействия генов. Если растение имеет генотип **A_B_**, то развивается голубая окраска венчика, **A_bb** — розовая, **aaB_** и **aabb** — белая. При скрещивании растения с голубым венчиком (генотип **AABB**) с растением, имеющим белый венчик (генотип **aabb**), в F_1 получили 115 растений, в F_2 — 632.

- 1) Сколько растений F_1 могут иметь голубую окраску венчика?
- 2) Сколько разных генотипов могут обусловить голубую окраску венчика?
- 3) Сколько разных фенотипов может быть в F_2 ?
- 4) Сколько растений F_2 могут иметь розовую окраску венчика?
- 5) Сколько растений F_2 могут иметь белую окраску венчика?

Задача 251. У кукурузы окраска алейрона определяется комплементарным взаимодействием генов **A** и **Рe**, которые в доминантном состоянии обуславливают фиолетовую окраску алейронового слоя, а в рецессивном — неокрашенный алейроновый слой. Если в генотипе присутствует доминантная комплементарная аллель **A** и рецессивная **ре**, алейрон имеет красную окраску, при всех других сочетаниях генов — белую. Определите окраску алейрона у гибридов, по-

лученных от скрещивания растений с генотипами ♀ **AaPere** и ♂ **AApere**.

Задача 252. У клевера ползучего (*T. repens*) имеются растения с высоким и низким содержанием цианидов. Цианиды повышают активность ферментов протеазы, амилазы и других, в результате чего увеличивается вегетативная масса растений, улучшается их кормовая ценность. Генетический анализ показывает, что наследование высокого содержания цианида обусловлено комплементарным взаимодействием доминантных аллелей двух генов **L** и **H**. Цианид в листьях клевера образуется из гликозида линамарина под воздействием фермента линамаразы. Ген **H** обеспечивает синтез линамарина, а ген **L** — фермента линамаразы. При отсутствии в генотипе одного из этих доминантных генов растения характеризуются низким содержанием цианида. Определите, какое потомство можно ожидать от скрещивания растений, имеющих генотипы ♀ **Llhh** и ♂ **llHh**.

Задача 253. У гороха форма листа наследуется по типу комплементарного взаимодействия генов. Обычный парноперистый лист развивается при наличии в генотипе генов **Af** и **Tl** в доминантном состоянии. Безлисточковый лист с усиком развивается в том случае, если в генотипе содержится рецессивная аллель **af** и доминантная аллель **Tl**. Во всех остальных случаях образуются непарноперистые листья. Определите, какие листья будут иметь гибриды от скрещивания растений, одно из которых имеет генотип **AfafTlTl**, а другое — **afafTlTl**.

Задача 254. Антоциановую окраску клубней у картофеля обуславливают основные гены, ответственные за синтез антоциана, — **P** и **R**. Но они могут проявить свое действие только в присутствии доминантной аллели гена **D**. Синефиолетовую окраску клубней имеют растения с генотипом **P_{гг}D_{гг}**, красно-фиолетовую — **P_{гг}R_{гг}D_{гг}**, розовую — **ppR_{гг}D_{гг}**. Во всех остальных случаях растения имеют белую окраску клубней. Гетерозиготное по генам **P** и **D** растение с красно-фиолетовыми клубнями опылили пыльцой бело-клубневого растения, гетерозиготного по генам **P** и **R**. Каким может быть потомство от такого скрещивания?

Задача 255. У баклажана темно-синяя окраска плодов проявляется только в том случае, если в генотипе содержатся два доминантных гена — **D** и **P**. При всех других сочетаниях доминантных и рецессивных аллелей данных генов растения имеют белые плоды. Какое потомство можно ожидать от двух белоплодных растений, первое из которых гетерозиготно по гену **D**, а второе — по гену **P**?

Задача 256. У дрозофилы окраска глаз наследуется при взаимодействии генов по типу комплементарности. При этом сочетание генов **A_B_** обуславливает красную окраску глаз, **aabb** — белую, **aaB_** — ярко-красную, **A_bb** — коричневую. Какой цвет глаз будут иметь потомки, полученные от скрещивания гетерозиготной красноглазой мухи с гетерозиготной мухой, имеющей ярко-красные глаза?

Задача 257. У шалфея (*Salvia splendens*) окраска цветков может быть белой, красной и лососево-красной. Она обуславливается комплементарным взаимодействием генов **L** и **P**. Красная окраска цветков проявляется, если в генотипе содержатся аллели **L_P_**, лососево-красная **llP_**, в остальных случаях — белая. Какова вероятность появления потомков с белой окраской цветков от скрещивания растений с генотипами ♀ **LlPp** и ♂ **llPp**?

Задача 258. У тутового шелкопряда желтая окраска кокона определяется двумя доминантными аллелями **A** и **B**. Если одна из них или обе будут находиться в рецессивном состоянии, коконы будут белыми. Скрещивали бабочек тутового шелкопряда, имеющих генотипы ♀ **Aabb** и ♂ **aaBB**. Какова вероятность появления потомства, гусеницы которого плетут желтые коконы?

Задача 259. У норки окраска меха определяется взаимодействием двух комплементарных генов, причем различное сочетание доминантных и рецессивных аллелей обуславливает различное проявление окраски. Если оба гена **A_B_** находятся в доминантном состоянии, то окраска меха будет коричневая, если в доминантном состоянии находится только один ген **A_** — серая, если только один ген **B_** — бежевая, если оба гена находятся в рецессивном состоянии —

кремовая. Какова вероятность появления кремовых, если проводится скрещивание бежевых норок?

Задача 260. У висконсинских норок платиновая окраска меха обусловлена геном **P**, у оregonских норок — геном **D**, рецессивные гены **p** и **d** также обуславливают платиновую окраску меха. Коричневая (стандартная) окраска проявляется только при наличии в генотипе двух доминантных неаллельных генов **P** и **D**. Какова вероятность появления платиновых норок, если проводится скрещивание дигетерозиготных коричневых?

Задача 261. У кур розовидная и гороховидная формы гребня, обусловленные генами **P** и **C** соответственно, доминантны по отношению к простой форме. Если в генотипе присутствуют оба гена **P_C_** в доминантном состоянии, то форма гребня будет ореховидной. От скрещивания курицы и петуха с ореховидным гребнем получено потомство, где есть цыплята с простыми гребнями. Определите генотип скрещиваемых особей.

Задача 262. У люпина образование алкалоидов контролируется комплементарными генами **A** и **L**, находящимися в доминантном состоянии. При наличии в генотипе одной или двух пар рецессивных аллелей этих генов растения не образуют алкалоидов и могут быть использованы в корм животным. Следовательно, фенотипически одинаковые безалкалоидные сорта могут быть различными по генотипу. Определите, какие генотипы будут иметь безалкалоидные гибриды, полученные от скрещивания растений, одно из которых гетерозиготно по гену **A** и гомозиготно по доминантному гену **L**, а другое растение — дигетерозиготно.

Задача 263. У люпина узколистного окраска цветков контролируется комплементарными генами **R** и **B**. Если в генотипе растения оба гена находятся в доминантном состоянии, то цветки будут синие; если в генотипе растения содержатся рецессивные аллели **bb** и доминантный ген **R** — розовые, при других сочетаниях аллелей данных генов — белые. Скрещиваются белоцветковый сорт Уникроп (генотип **BBrr**) с розовоцветковым сортом Северный 3 (генотип

bbRR). Какова вероятность появления розовоцветковых растений от возвратного скрещивания гибридов F_1 с каждой родительской формой?

Задача 264. Собаки породы коккер-спаниель при генотипе **A₁B₁** имеют черную масть, при генотипе **A₁bb** — рыжую, при генотипе **aaB₁** — коричневую, а при генотипе **aabb** — светло-желтую. Черный коккер-спаниель был скрещен со светло-желтым, и от этого родился светло-желтый щенок. Какими могут быть щенки от скрещивания того же черного спаниеля с собакой одинакового с ним генотипа?

Задача 265. У душистого горошка два белоцветковых, но разных по происхождению, растения при скрещивании дали в F_1 пурпурноцветковые гибриды. В F_2 на 9 растений с пурпурными цветками 7 с белыми. Какое потомство можно получить от скрещивания двух пурпурноцветковых растений?

Задача 266. У некоторых сортов овса окраска цветковой чешуи обуславливается эпистатическим взаимодействием генов. Доминантная аллель гена **A** обуславливает развитие черной окраски чешуи и является эпистатической по отношению к гену **B**, обуславливающему серую окраску чешуи. Рецессивная аллель **a** обуславливает развитие белой чешуи, а рецессивная аллель **b** не оказывает влияния на окраску чешуи. Скрещивали растения F_1 , имеющие генотип **Aabb**, с растением, имеющим генотип **aaBb**. Получили 443 гибрида.

- 1) Сколько фенотипических классов могут образовать гибриды, полученные при таком скрещивании?
- 2) Сколько разных генотипов могут иметь растения, полученные при таком скрещивании?
- 3) Сколько полученных при самоопылении гибридных растений, имеющих генотип **AaBb**, могут дать нерасщепляющееся потомство?
- 4) Сколько из них могут иметь черные чешуи?
- 5) Сколько из них могут иметь серые чешуи?

Задача 267. У кукурузы окраска зерновки обуславливается эпистатическим взаимодействием генов. Ген **A** контроли-

рует проявление пурпурной окраски, рецессивная аллель **a** — белой. Эпистатичный ген **B** подавляет проявление пурпурной окраски, ген **b** не влияет на проявление окраски. При скрещивании линий, имеющих генотипы **AABB** и **aabb**, получили 116 растений F_1 , от самоопыления которых получили 1965 зерновок F_2 .

- 1) Сколько растений F_1 могут иметь белую окраску зерновки?
- 2) Сколько разных фенотипов может быть в F_2 ?
- 3) Сколько зерновок F_2 могут иметь пурпурную окраску?
- 4) Сколько зерновок, имеющих белую окраску, могут давать нерасщепляющееся потомство по этому признаку?
- 5) Сколько зерновок F_2 могут иметь белую окраску?

Задача 268. У лука пурпурная окраска чешуи обусловлена доминантной аллелью гена **P**, а белая — рецессивной аллелью **p**. В присутствии гена-ингибитора пурпурная окраска чешуи не проявляется. Рецессивная аллель не оказывает влияния на проявление окраски. При скрещивании гомозиготного растения, имеющего белую окраску чешуи и генотип **PPp**, с растением, имеющим генотип **ppp**, получили 112 растений F_1 , от самоопыления которых сформировалось 1630 растений F_2 .

- 1) Сколько разных фенотипов могут иметь растения F_1 ?
- 2) Сколько растений F_2 могут иметь в генотипе аллель пурпурной окраски чешуи, не реализованную в фенотипе?
- 3) Сколько растений F_2 могут иметь пурпурную окраску чешуи?
- 4) Сколько из них могут давать нерасщепляющееся потомство?
- 5) Сколько растений, имеющих белую окраску чешуи, могут давать нерасщепляющееся потомство?

Задача 269. У хлопчатника доминантная аллель гена **B** обуславливает коричневую окраску волокна, аллель **b** — белую. Ген **A** подавляет проявление коричневой и белой окраски и обуславливает зеленую окраску волокна. Рецес-

сивная аллель **a** не оказывает влияния на проявление окраски волокна. Определите, какую окраску будут иметь волокна гибридов, полученных от скрещивания растений с генотипами ♀ **Aabb** и ♂ **aaBb**.

Задача 270. У картофеля доминантная аллель гена **Ac** обуславливает нормальный синтез антоциана, красно-фиолетовую окраску клубней и цветков, рецессивная аллель — белую окраску цветков и клубней. Ген **I** ингибирует образование антоциана в клубнях, но не препятствует его синтезу в цветках, которые имеют красно-фиолетовую окраску. Аллель **i** на проявление окраски влияния не оказывает. Определите, какую окраску будут иметь клубни и цветки гибридов, полученных от скрещивания растений с генотипами ♀ **AcAcli** и ♂ **acacli**.

Задача 271. У некоторых сортов клещевины основной фон окраски семян может быть коричневым, серым и беловатым. Ген **P** обуславливает коричневую окраску семян и является эпистатичным по отношению к гену **A**, определяющему серую окраску семян. Рецессивная аллель **a** обуславливает беловатую окраску, а аллель **p** не оказывает влияния на окраску семян. Определите, какую окраску будут иметь семена гибридов, полученных от скрещивания растений с генотипами ♀ **AAPP** и ♂ **Aapp**.

Задача 272. Для некоторых белоцветковых сортов гороха характерна вдавленность на семенах. Округлую форму семян обуславливает ген **D1**, а вдавленность — его рецессивная аллель **d1**. Действие рецессивной аллели **d1** может подавляться доминантной аллелью гена **R**. Рецессивная аллель эпистатичного гена **r** не оказывает влияния на форму семян. Какое потомство можно ожидать от скрещивания дигетерозиготного растения с растением, гетерозиготным по первому и гомозиготным по второму доминантному гену?

Задача 273. У тыквы доминантная аллель гена **A** обуславливает желтую окраску плодов, аллель **a** — зеленую. Эпистатичный ген **B** подавляет проявление окраски, и растения имеют белые плоды. Аллель **b** не влияет на проявление

ние окраски. Определите генотипы родителей и потомков в следующих скрещиваниях:

- 1) белоплодное × желтоплодное; в потомстве 78 растений с белыми плодами, 61 с желтыми и 19 с зелеными;
- 2) белоплодное × зеленоплодное; в потомстве 145 растений с белыми плодами, 72 с желтыми и 66 с зелеными;
- 3) белоплодное × белоплодное; в потомстве 851 растение с белыми плодами, 218 с желтыми и 68 с зелеными.

Задача 274. У собак доминантная аллель гена **A** обуславливает черную масть, рецессивная аллель **a** — коричневую. Доминантный ген-ингибитор **I** подавляет проявление действия обоих генов и обуславливает белую масть. Рецессивная аллель гена-ингибитора **i** не оказывает влияния на окраску шерсти. Какое потомство можно ожидать от скрещивания гетерозиготной черной собаки с дигетерозиготной белой?

Задача 275. У кур породы леггорн доминантная аллель гена **C** обуславливает черную окраску оперения, аллель **c** — белую. Ген **I** подавляет развитие пигмента, а его рецессивная аллель **i** не оказывает влияния на развитие пигмента. Какова вероятность появления кур с черной окраской от скрещивания черного петуха с генотипом **Ccii** и белой курицы с генотипом **CcII**?

Задача 276. У лошадей доминантная аллель гена **C** обуславливает серую масть с ранним поседением и является эпистатичной по отношению к доминантной аллели гена **B**, обуславливающей вороную масть, и аллели **b**, обуславливающей рыжую масть. Рецессивная аллель **c** не влияет на проявление окраски шерсти у лошадей. Какова вероятность рождения серого жеребенка от скрещивания рыжей кобылы с гетерозиготным вороным жеребцом?

Задача 277. У тыквы белая окраска плодов определяется доминантным геном **W**, а желтая — доминантным геном **Y**. Ген **W** эпистатичен по отношению к гену **Y**, и последний в его присутствии не проявляется. Рецессивные аллели этих генов в гомозиготном состоянии дают зеленую окраску плодов.

- 1) При скрещивании двух желтоплодных растений получены гибриды с желтыми и зелеными плодами в соотношении 3:1. Определите генотипы родителей.
- 2) При скрещивании тыквы с белыми плодами с тыквой, имеющей зеленые плоды, получены гибриды, из которых половина имела белые и половина — зеленые плоды. Определите генотипы родителей.
- 3) При скрещивании двух растений с белыми плодами получены гибриды с белыми и желтыми плодами в соотношении 3:1. Определите генотипы родителей.
- 4) При скрещивании двух растений с желтыми плодами все потомство имело такую же окраску плодов. Определите генотипы родителей.

Задача 278. У овса черная окраска семян определяется доминантным геном **A**, а серая окраска — доминантным геном **B**. Ген **A** эпистатичен по отношению к гену **B**, и последний в его присутствии не проявляется. При отсутствии в генотипе растения обоих доминантных генов проявляется белая окраска семян.

- 1) При скрещивании двух серосеменных растений получили серосеменные и белосеменные растения в соотношении 3:1. Определите генотипы родителей.
- 2) При скрещивании черносемennого растения с белосеменным получили половину растений с черными семенами и половину — с белыми семенами. Определите генотипы родителей.
- 3) При скрещивании двух черносемennых растений получены растения с черными и серыми семенами в соотношении 3:1. Определите генотипы родителей.
- 4) При скрещивании двух растений, имеющих серое зерно, все потомство имело такую же окраску. Определить генотипы родителей.

Задача 279. У большинства пород кур (плимутрок, виандот) ген **C** детерминирует окрашенное оперение, а его аллель **c** — белое. У породы леггорн имеется эпистатический ген **I**, подавляющий развитие пигмента даже при наличии гена **C**. Его аллель — ген **i** — позволяет гену **C** проявить свое действие. Куры леггорны с генотипом **ИСС** имеют

белое оперение в связи с эпистазом гена **I** над геном **C**; куры виандоты с генотипом **iiсс** имеют белое оперение вследствие отсутствия доминантной аллели пигментации — **C**.

- 1) Куры белый леггорн, имеющие генотип **IIСС**, скрещены с курами породы белый виандот (**iiсс**). Определите расщепление гибридов F_1 и F_2 .
- 2) Скрещены дигетерозиготный белый леггорн с пигментированным виандотом. Половина цыплят имеют белое, а половина — окрашенное оперение. Определите генотип курицы породы виандот.
- 3) Скрещены куры дигетерозиготный белый леггорн с пигментированным виандотом. Среди цыплят обнаружено расщепление в соотношении 5 белых : 3 пигментированных. Определите генотип виандота.
- 4) Скрещены две белые особи: дигетерозиготный белый леггорн с белым виандотом. Какова вероятность появления окрашенных цыплят в F_1 ?

Задача 280. У пшеницы темно-красная окраска зерновки обусловлена двумя парами доминантных полимерных генов $A_1A_1A_2A_2$, а белая — двумя парами рецессивных аллелей этих генов. Если в генотипе присутствует четыре доминантных гена $A_1A_1A_2A_2$, то окраска зерновки будет темно-красная, три — $A_1a_1A_2A_2$ или $A_1A_1A_2a_2$ — красная, два — $A_1A_1a_2a_2$, $a_1a_1A_2A_2$ или $A_1a_1A_2a_2$ — светло-красная, один — $A_1a_1a_2a_2$ или $a_1a_1A_2a_2$ — бледно-красная. Скрещивали гетерозиготное светло-красное растение с белозерной родительской формой и получили 85 растений F_a .

- 1) Сколько разных генотипов может быть получено при таком скрещивании?
- 2) Сколько растений могут иметь светло-красную окраску зерновки?
- 3) Сколько растений могут иметь белую окраску зерновки?
- 4) Сколько фенотипов может быть в F_a ?
- 5) Сколько растений могут иметь бледно-красную окраску зерновки?

Задача 281. У пастушьей сумки *Capsella bursa pastoris* известны растения двух разновидностей, четко различающихся по форме плодов (стручков). Одна разновидность,

имеющая генотип $a_1a_1a_2a_2$, характеризуется овальной формой стручков, другая (в генотипе имеется хотя бы одна доминантная аллель из двух пар полимерных некумулятивных генов) — треугольной формой стручков. Скрещивали между собой растения со стручками треугольной формы (данные гены в доминантном состоянии) и овальной. В F_1 получили 122 растения, в F_2 — 642.

- 1) Сколько растений F_1 могут иметь плоды треугольной формы?
- 2) Сколько растений F_2 могут иметь плоды овальной формы?
- 3) Сколько гомозиготных растений F_2 могут иметь плоды треугольной формы?
- 4) Сколько разных фенотипов могут иметь растения F_2 ?
- 5) Сколько разных генотипов могут иметь растения F_2 ?

Задача 282. В результате исследования нескольких тысяч растений одного сортообразца ржи была обнаружена сильная изменчивость по опушенности стебля (от 60 волосков на 1 см^2 до полного отсутствия опушения). Предположим, что эта изменчивость обусловлена тремя парами полимерных генов с кумулятивным действием. В доминантном гомозиготном или гетерозиготном состоянии каждый из них обуславливает развитие 20 волосков на 1 см^2 стебля. При скрещивании гомозиготных растений, имеющих опушенность стебля 40 волосков на 1 см^2 и генотипы $A_1A_1A_2A_2a_3a_3 \times a_1a_1A_2A_2A_3A_3$, получили в F_1 17 растений, в F_2 — 68.

- 1) Какой может быть опушенность стебля у растений F_1 ?
- 2) Сколько разных генотипов может быть в F_2 ?
- 3) Сколько разных фенотипов может быть в F_2 ?
- 4) Сколько растений F_2 могут иметь большую опушенность, чем родительские формы?
- 5) Какую минимальную опушенность стебля могут иметь растения F_2 ?

Задача 283. У некоторых сортов пшеницы (Норин 10, Мексика 50) короткостебельность растений обусловлена тремя парами рецессивных полимерных генов карликовости. Предположим, что каждый из них имеет одинаковое

количественное значение в определении длины соломины и все они имеют кумулятивный эффект. При наличии трех рецессивных пар генов карликовости (генотип $l_1l_1l_2l_2l_3l_3$) растения имеют высоту 18 см, а при наличии этих генов в доминантном состоянии высота растений равна 120 см. Определите, какую высоту стебля могут иметь гибриды, полученные от скрещивания растения, имеющего генотип $L_1L_1l_2l_2L_3l_3$, с растением, генотип которого $L_1l_1l_2l_2L_3l_3$.

Задача 284. Соцветие ячменя — колос, стержень которого состоит из отдельных члеников. На уступах члеников колосового стержня располагаются колоски. Плотность и форма колоса зависят от длины каждого членика колосового стержня: чем он короче, тем плотнее колос. Длина членика колосового стержня контролируется полимерными генами, обладающими кумулятивным действием. У линии, имеющей все гены в рецессивном состоянии — $a_1a_1a_2a_2a_3a_3$, колос очень плотный. Длина одного членика колосового стержня 1,15 мм. У другой линии с генотипом $A_1A_1A_2A_1A_2A_2A_2A_2$ колос рыхлый, членики колосового стержня относительно длинные — 3,33 мм. Один или два доминантных аллеля A_1 увеличивают длину стержня по сравнению с рецессивным аллелем на 0,16 мм, A_2 — на 0,27 мм, A_3 — на 0,82 мм, A_4 — на 0,93 мм. Определите возможную длину членика колосового стержня у растений, полученных при скрещивании сортов с генотипами $A_1A_1A_2A_2a_3a_3a_4a_4 \times a_1a_1a_2a_2A_3A_3A_4A_4$.

Задача 285. У пастушьей сумки может быть треугольный и округлый стручок. При скрещивании любой гомозиготной формы с треугольным стручком с растением, имеющим округлый стручок, в F_1 всегда треугольные стручки. Определите генотипы растений в скрещиваниях, дающих следующее расщепление: 15 растений с треугольными стручками, 1 — с округлыми.

Задача 286. Длина ушей кроликов породы Баран составляет 28 см, у других пород — 12 см. Предположим, что различия в длине ушей зависят от двух пар генов с аддитивным действием. Генотип Баранов — $L_1L_1L_2L_2$, обычных кроликов — $L_1L_1l_2l_2$. Определите длину ушей кроликов F_1 и всех возможных генотипов в F_2 .

Задача 287. Длина ушей у кроликов породы Баран составляет 28 см, у других пород — около 12 см. Предположим, что различия в длине ушей зависят от двух пар генов с однозначным кумулятивным действием. Генотип кроликов породы Баран — $D_1D_1D_2D_2$, обычных пород — $d_1d_1d_2d_2$. Следовательно, каждый доминантный ген увеличивает длину ушей на 4 см. Какова вероятность рождения кроликов с длиной ушей 20 см от скрещивания самки кролика породы Баран и самца, имеющего длину ушей 16 см?

Задача 288. Полимерные гены могут контролировать и альтернативные признаки. В этом случае они наследуются по типу некумулятивной полимерии. У кур оперенность ног определяется двумя парами полимерных некумулятивных генов. Если хотя бы один из них будет находиться в доминантном состоянии, куры будут иметь оперенные ноги. Если все гены рецессивные, то ноги будут неоперенными. Какова вероятность появления цыплят с неоперенными ногами от скрещивания дигетерозиготного петуха и курицы, гетерозиготной по одному из генов?

Задача 289. Цвет кожи человека определяется взаимодействием нескольких пар генов по типу кумулятивной полимерии, то есть цвет кожи тем темнее, чем больше доминантных генов в генотипе. Допустим, что цвет кожи определяется двумя парами неаллельных генов. Разные сочетания генов могут формировать пять фенотипов: негры ($A_1A_1A_2A_2$), темные мулаты ($A_1a_1A_2A_2$, $A_1A_1A_2a_2$), средние мулаты ($a_1a_1A_2A_2$, $A_1A_1a_2a_2$, $A_1a_1A_2a_2$), светлые мулаты ($A_1a_1a_2a_2$, $a_1a_1A_2a_2$) и белые ($a_1a_1a_2a_2$).

- 1) Каких детей и в каком соотношении можно ожидать от брака негритянки и белого мужчины?
- 2) Какова вероятность рождения негров и белых детей от брака двух дигетерозиготных средних мулатов?
- 3) Какова вероятность рождения более светлых детей у супругов — темных мулатов?
- 4) Мать — светлый мулат, отец — темный мулат. Какова вероятность рождения в этом браке детей — средних мулатов?

Задача 290. При скрещивании двух линий тутового шелкопряда, гусеницы которого дают белые коконы, в первом поколении F_1 все коконы были желтые. При последующем скрещивании гибридов во втором поколении произошло расщепление: 9 желтых коконов и 7 белых. Определите: 1) характер наследования признака окраски кокона; 2) генотипы родителей и потомков F_1 и F_2 .

Задача 291. Скрещиваются две линии норок бежевой и серой окрасок. У гибридов F_1 коричневая окраска меха. В F_2 наблюдается следующее расщепление: 14 серых, 46 коричневых, 5 кремовых и 16 бежевых норок. Определите: 1) как наследуется окраска у норок; 2) какое потомство можно ожидать от скрещивания гибридных коричневых норок с кремовыми.

Задача 292. Зеленозерный сорт ржи при скрещивании с белозерным дает в F_1 зеленые семена, а в F_2 — расщепление по окраске: 89 семян зеленых, 28 желтых и 39 белых. Определите: 1) как наследуется окраска семян у ржи; 2) какое потомство можно ожидать от скрещивания гибридов F_1 а) с гомозиготным желтозерным растением и б) с белозерным растением.

Задача 293. При скрещивании черной нормальношерстной крольчихи с белым короткошерстным самцом в F_1 все крольчата черные нормальношерстные, а в F_2 наблюдается расщепление: 31 черный нормальношерстный, 9 голубых нормальношерстных, 13 белых нормальношерстных, 8 черных короткошерстных, 3 голубых короткошерстных и 4 белых короткошерстных. Определите: 1) как наследуется окраска и длина шерсти; 2) каковы генотипы родительских особей.

Задача 294. Две линии кукурузы, имеющие семена с неокрашенным алейроном, при скрещивании друг с другом дают в F_1 семена с окрашенным алейроном, а в F_2 получается расщепление: 9 окрашенных семян и 7 неокрашенных. Определите: 1) как наследуется окраска; 2) какое потомство можно получить от скрещивания двух растений с неокрашенными семенами.

Задача 295. При скрещивании двух сортов тыквы, имеющих белые плоды, F_1 также белоплодное, а в F_2 наблюдается расщепление: 12 белоплодных, 3 желтоплодных, 1 с зелеными плодами. Определите: 1) характер наследования окраски; 2) генотипы родителей, гибридов F_1 и F_2 .

Задача 296. При скрещивании двух белозерных растений кукурузы F_1 тоже белозерное, а в F_2 получено 132 белых и 29 пурпурных семян. Определите: 1) характер наследования окраски; 2) генотипы растений с пурпурной окраской семян.

СОСТАВЛЕНИЕ И АНАЛИЗ РОДОСЛОВНЫХ

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 в ряду поколений.

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

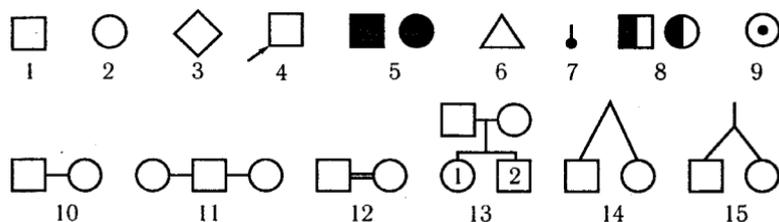


Рис. 11. Символы, применяемые при составлении родословных: 1 — мужчина; 2 — женщина; 3 — пол не выяснен; 4 — пробанд; 5 — обладатели признака; 6 — рано умер; 7 — аборт и мертворождение; 8 — гетерозиготные носители признака; 9 — носительница признака, сцепленного с X-хромосомой; 10 — брак; 11 — двойной брак; 12 — родственный брак; 13 — дети и порядок их рождения; 14 — дизиготные близнецы; 15 — монозиготные близнецы.

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:

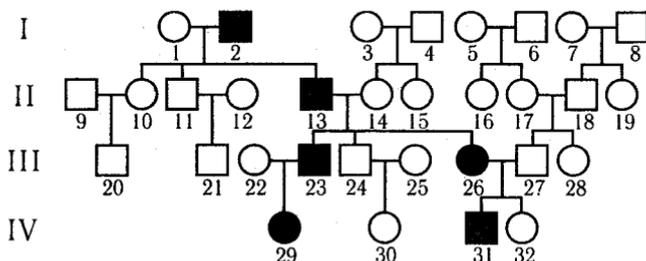
- 1) признак одинаково часто встречается у представителей обоих полов;
- 2) признак передается потомкам только от матери;
- 3) мать, несущая признак, передает его либо всему потомству, либо только его части.

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.

✧ Пример решения задачи

Задача 048. Определите характер наследования признака и расставьте генотипы всех членов родословной.



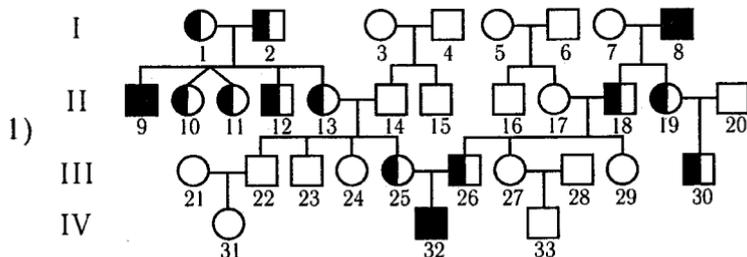
Решение:

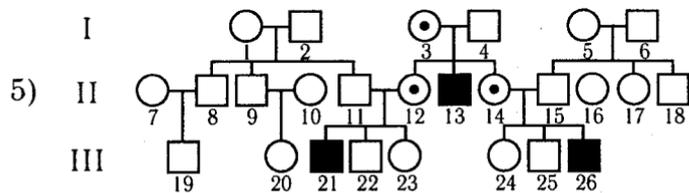
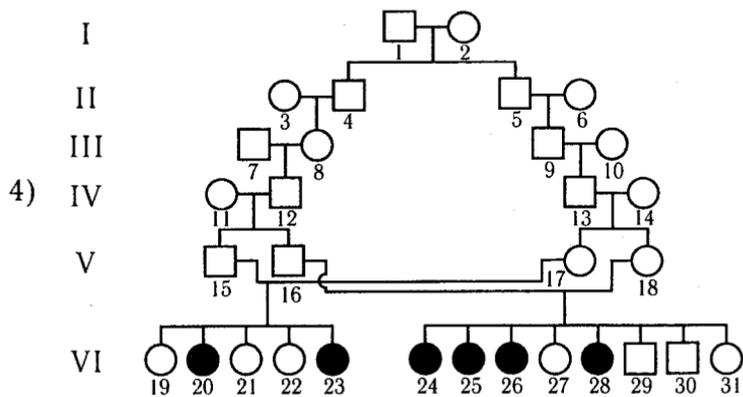
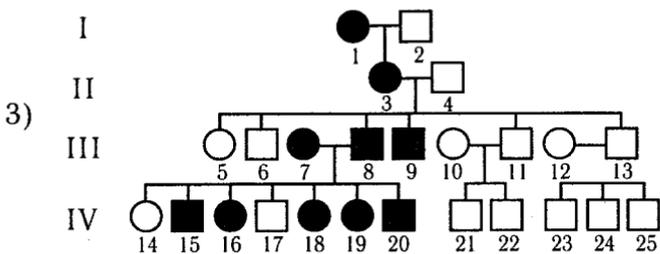
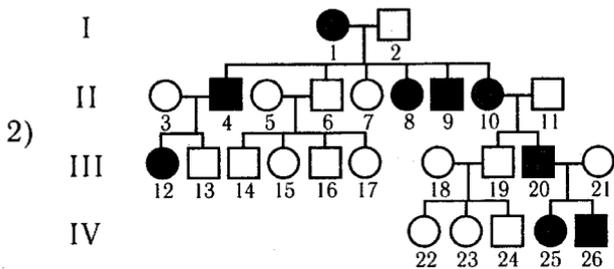
1. *Определяем тип наследования признака.* Признак проявляется в каждом поколении. От брака 1—2, где отец является носителем признака, родился сын, имеющий анализируемый признак. Это говорит о том, что данный признак является доминантным. Подтверждением доминантного типа наследования признака служит тот факт, что от браков родителей, не несущих анализируемого признака, дети также его не имеют.
2. *Определяем, аутосомным или сцепленным с полом является признак.* В равной степени носителями признака являются лица как мужского, так и женского пола. Это свидетельствует о том, что данный признак является аутосомным.
3. *Определяем генотипы членов родословной.* Введем обозначения генов: **A** — доминантная аллель, **a** — рецессивная аллель. В потомстве от браков, в которых один из родителей несет признак, наблюдается расщепление в соотношении 1:1, что соответствует расщеплению при анализирующем скрещивании. Это свидетельствует о гетерозиготности обладателей признака, то есть их генотип **Aa**. Лица, у которых признак не наблюдается, — генотип **aa**.

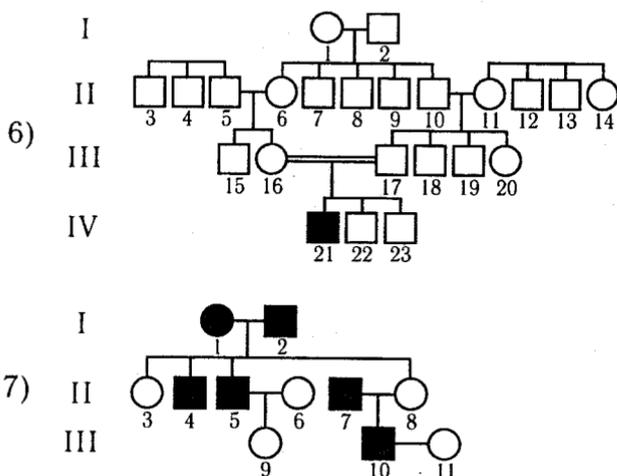
Ответ: признак наследуется по аутосомно-доминантному типу. Обладатели признака имеют генотип **Aa**, остальные члены родословной — **aa**.

♦ Задачи для самостоятельного решения

Задача 297. Определите характер наследования признака и расставьте генотипы всех членов родословной.







Составление родословных

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.

✧ Пример решения задачи

Задача 049. Пробанд — женщина правша. Две ее сестры — правши, два брата — левши. Мать — правша. У нее два брата и сестра, все правши. Бабка и дед — правши. Отец пробанда — левша, его сестра и брат — левши, другие два брата и сестра — правши.

Решение:

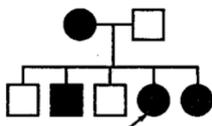
1. *Изображаем символ пробанда.* Показываем наличие у пробанда признака.



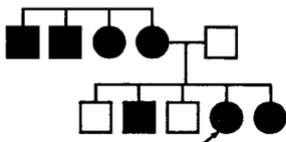
2. *Располагаем рядом с символом пробанда символы ее родных братьев и сестер.*



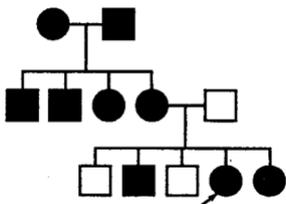
3. *Показываем родителей пробанда.*



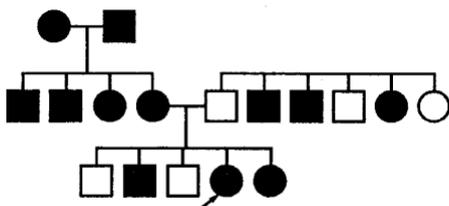
4. Изображаем символы братьев и сестер матери пробанда.



5. Изображаем символы бабушки и деда пробанда.



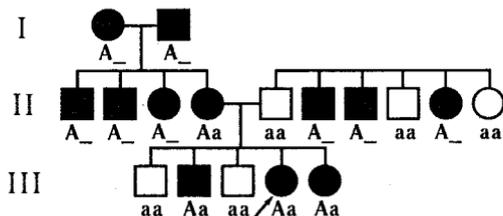
6. Показываем родственников по линии отца.



7. Определяем генотипы членов родословной. Признак праворукости проявляется в каждом поколении как у лиц женского, так и мужского пола. Это свидетельствует о аутосомно-доминантном типе наследования признака. Обозначим ген, определяющий развитие праворукости A , а леворукости — a . Все члены родословной, являющиеся левшами, имеют генотип aa . Пробанд — правша, но ее отец — левша. Значит, пробанд и ее сестры гетерозиготны (генотип Aa). Мать пробанда — правша, но среди ее детей есть левши. Следовательно, она гетерозиготна (генотип Aa). Все сибсы матери, ее мать и отец — правши. Точно установить их генотип невозможно. Однако можно утверждать, что либо бабушка, либо дедушка пробанда являются гетерозиготными носителями гена леворукости. Поэтому генотип родственников по линии матери можно обозначить в виде $A_$. По

линии отца определить генотип праворуких сибсов также невозможно — они могут быть как гомо-, так и гетерозиготными. Поэтому их генотип — A_{-} .

Ответ:



✦ Задачи для самостоятельного решения

Задача 298. Пробанд-дальтоник имеет с материнской стороны бабушку с нормальным зрением и дедушку дальтоника. Мать пробанда — дальтоник, отец имеет нормальное зрение.

Задача 299. Пробанд страдает гемофилией. У его матери и отца нормальная свертываемость крови. У дедушки 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.

Задача 300. Нормальные в отношении зрения мужчина и женщина имеют сына, страдающего дальтонизмом, и двух дочерей с нормальным зрением. Жена сына и мужья дочерей имеют нормальное зрение. У внука от сына зрение нормальное, внук от одной из дочерей страдает дальтонизмом, а внучка здорова. У другой дочери пять сыновей, имеющих нормальное зрение.

Задача 301. Пробанд страдает ночной слепотой. Его два брата также больны. По линии отца пробанда страдающих ночной слепотой не было. Мать пробанда больна. Брат матери, его жена и дочь здоровы. Сестра матери, ее муж и сын здоровы. Вторая сестра матери и одна из ее дочерей страдают ночной слепотой, а ее муж и вторая дочь здоровы. Второй брат матери, его жена, сын и дочь здоровы. По материнской линии известно, что бабушка больна, дед здоров, сестра бабушки больна, брат здоров. Прадедушка со сторо-

ны матери страдал ночной слепотой, его сестра и брат тоже. Прабабушка со стороны матери здорова. Жена пробанда и ее родители здоровы.

Задача 302. Две шестипалые сестры Маргарет и Мэри вышли замуж за нормальных мужчин. В семье Маргарет было пятеро детей: Джеймс, Сусанна и Дэвид — шестипалые, Элла и Ричард — пятипалые. В семье Мэри была единственная дочь Джейн с нормальным строением руки. От первого брака Джеймса с нормальной женщиной родилась шестипалая дочь Сара, от второго брака также с нормальной женщиной у него было 6 детей: одна дочь и два сына — пятипалые, две дочери и сын — шестипалые. Элла вышла замуж за нормального мужчину. У них было два сына и четыре дочери, все пятипалые. Дэвид женился на нормальной женщине. Их единственный сын Чарльз родился шестипалым. Ричард женился на своей двоюродной сестре Джейн. Две их дочери и три сына — пятипалые.

Задача 303. Пробанд имеет нормальный рост, его сестра страдает хондродистрофией (наследственная карликовость в сочетании с резким нарушением пропорций тела). Мать пробанда здорова, отец — болен. По линии отца пробанд имеет двух здоровых теток, одну тетку и одного дядю с хондродистрофией. Тетя с хондродистрофией замужем за здоровым мужчиной, имеет сына карлика. Здоровая тетя от здорового мужа имеет двух мальчиков и двух девочек, все они здоровы. Дядя-карлик женат на здоровой женщине. У него две нормальные девочки и сын-карлик. Дедушка по линии отца — карлик, бабушка — здорова.

Задача 304. Пробанд — здоровая женщина. Ее сестра также здорова, а брат страдает дальтонизмом. Мать и отец пробанда здоровы. Четыре сестры матери пробанда здоровы, мужья их также здоровы. О двоюродных сибсах со стороны матери пробанда известно: в одной семье один больной брат, две сестры и брат здоровы, в двух других семьях по одному больному брату и по одной здоровой сестре; в четвертой семье — одна здоровая сестра. Бабушка пробанда со стороны матери здорова, дед страдал дальтонизмом. Со стороны отца пробанда больных дальтонизмом не обнаружено.

ЦИТОПЛАЗМАТИЧЕСКАЯ НАСЛЕДСТВЕННОСТЬ

Цитоплазматической наследственностью называется наследование признаков и свойств организма, определяемое генами, локализованными вне ядра клетки. Совокупность наследственных задатков цитоплазмы называют **плазмон**, а сами задатки — **плазмагенами**. Плазмагены делят на две группы:

1. Гены ДНК-содержащих органелл клетки (пластиды, митохондрии).
2. Инфекционные агенты или симбионты клетки (вирусы, плазмиды).

Гены митохондрий называют **хондриогенами**, гены пластид — **пластогены**.

Признак, развитие которого контролируется ядерными генами, как правило, имеет одинаковое развитие у гибридов, полученных в реципрокных скрещиваниях. Если же наследование изучаемого признака контролируется цитоплазмой, то он передается потомству через цитоплазму яйцеклетки, так как сперматозоид (у растений спермий) практически лишен цитоплазмы. Поэтому одной из причин различий потомков, полученных при реципрокных скрещиваниях, является цитоплазматическая наследственность.

Таким образом, цитоплазматическая наследственность имеет следующие особенности:

- 1) признаки и свойства, определяемые генами цитоплазмы, наследуются только по материнской линии;
- 2) органоиды цитоплазмы распределяются между дочерними клетками неравномерно, поэтому расщепление в F_2 не подчиняется законам Менделя;
- 3) число органоидов цитоплазмы, определяющих степень развития признака, непостоянно, что влияет на характер проявления этих признаков у гибридов;

4) как правило, плазматены контролируют развитие признака, взаимодействуя с генами хромосом, контролирующими тот же признак.

Один из примеров цитоплазматической наследственности — явление мужской цитоплазматической стерильности (ЦМС). Оно проявляется в том, что у многих видов растений могут образовываться цветки либо с недоразвитыми пыльниками, либо с пыльниками, содержащими стерильную пыльцу. При опылении таких цветков фертильной пыльцой других растений у полученных гибридов пыльца оказывается стерильной. Если стерильность пыльцы определяется плазмагенами, то она наследуется по материнской линии.

Цитоплазматическая мужская стерильность определяется плазмагенами ЦИТ^S , развитие фертильной пыльцы обеспечивают плазмагены ЦИТ^N . Но имеются и ядерные гены (Rf и rf), контролирующие фертильность пыльцы. Стерильной оказывается пыльца растения, цитоплазма которого содержит плазмагены ЦИТ^S и ядерные гены rfrf . Генотип такого растения можно записать следующим образом — $\text{ЦИТ}^S\text{rfrf}$. Если же в генотипе присутствует доминантная аллель ядерного гена Rf (восстановитель фертильности), то пыльца оказывается фертильной. Доминантная аллель ядерного гена Rf не изменяет структуру плазмагена ЦИТ^S , а лишь подавляет его. Таким

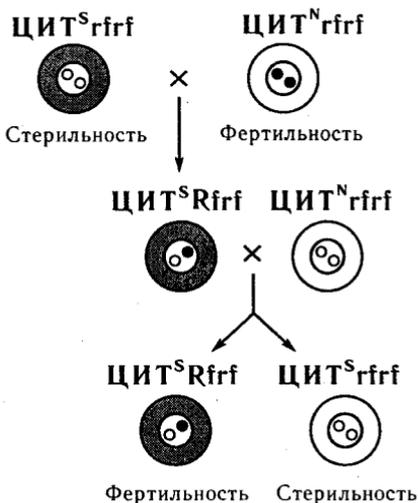


Рис. 12. Схема наследования цитоплазматической мужской стерильности:

ЦИТ^S — плазмаген, обуславливающий стерильность пыльцы; ЦИТ^N — плазмаген, обуславливающий развитие фертильной пыльцы; Rf — ядерный ген, обуславливающий развитие фертильной пыльцы как в сочетании с плазмагеном ЦИТ^S , так и ЦИТ^N ; rf — рецессивная аллель, обуславливающая стерильность пыльцы в сочетании с плазмагеном ЦИТ^S .

образом, фертильную пыльцу будут иметь растения с генотипами $\text{ЦИТ}^N\text{rfrf}$, $\text{ЦИТ}^N\text{Rf}_-$ и $\text{ЦИТ}^S\text{Rf}_-$, стерильной пыльца будет только у растений с генотипом $\text{ЦИТ}^S\text{rfrf}$.

Для гена Rf известна серия множественных аллелей. Фертильность пыльцы могут определять несколько доминантных генов, взаимодействуя друг с другом по принципу комплементарности. Поэтому число фертильных цветков у растения и степень фертильности пыльцы — изменчивый признак.

❖ Вопросы и задания для самоконтроля

1. Какое наследование называется цитоплазматическим?
2. За счет каких генов осуществляется цитоплазматическая наследственность?
3. Что такое плазмон?
4. Что такое плазмаген?
5. Какие гены называют хондриогенами?
6. Какие гены называют пластогенами?
7. Какую роль играют ядерные гены в цитоплазматической наследственности?
8. Почему наследование признаков, контролируемых цитоплазмой, передается потомству только через цитоплазму яйцеклетки?
9. Каковы особенности цитоплазматической наследственности?
10. Почему при цитоплазматическом наследовании признаков расщепление гибридов, полученных от скрещивания, не подчиняется законам Менделя?
11. От чего зависит характер проявления признаков, контролируемых плазмагенами, у гибридов?
12. В чем заключается сущность явления цитоплазматической мужской стерильности?
13. Почему при опылении цветков с недоразвитыми пыльниками фертильной пыльцой других растений пыльца гибридов оказывается стерильной?
14. Какие плазмагены контролируют фертильность пыльцы?

15. Какие ядерные гены контролируют фертильность пыльцы?
16. Какое сочетание плазматенов и ядерных генов определяет развитие фертильной пыльцы?
17. Какое сочетание плазматенов и ядерных генов определяет развитие стерильной пыльцы?
18. Фертильной или стерильной является пыльца у растений, имеющих генотип:

1) ЦИТ ^S rfrf;	4) ЦИТ ^N rfrf;
2) ЦИТ ^S RfRf;	5) ЦИТ ^N RfRf;
3) ЦИТ ^S Rfrf;	6) ЦИТ ^N RfRf?
19. Определите, какой генотип имеют следующие растения:
 - 1) стерильное;
 - 2) гомозиготное стерильное;
 - 3) гетерозиготное стерильное.

Основные этапы решения задач

1. Внимательно прочтите условие задачи. Используя генетическую символику, запишите условие задачи. Перепишите обозначения аллелей плазматенов и ядерных генов, укажите их фенотипическое проявление. Помните, что плазматены, обуславливающие развитие фертильной пыльцы, обозначают ЦИТ^N, стерильной — ЦИТ^S, доминантный ядерный ген — Rf, рецессивный — rf.
2. Запишите схему скрещивания родительских особей. Если в задаче указаны фенотипы скрещиваемых особей, определите их генотип в соответствии с условием задачи. Помните, что: 1) гомозиготная особь имеет плазматен (ЦИТ^N или ЦИТ^S) и две одинаковых аллели ядерного гена (RfRf или rfrf), а гетерозиготная — плазматен (ЦИТ^N или ЦИТ^S) и разные аллели (Rfrf); 2) слева пишется генотип женской особи, а справа — мужской. Под генотипом родительских особей обязательно подпишите их фенотип.
3. Если генотип скрещиваемых растений неизвестен, определите его, анализируя потомство (как в задачах на

моно- и дигибридное скрещивание). При этом помните, что фертильность и стерильность определяется сочетанием плазматических и ядерных генов.

4. Определите количество типов гамет, образуемых родительскими особями. Помните, что: 1) гомозиготная особь образует один тип гамет, а гетерозиготная — два; 2) мужские гаметы содержат только аллели ядерных генов; 3) гаметы женской особи содержат плазматический ген и аллель ядерного гена; 4) у гетерозиготной женской особи гаметы будут отличаться друг от друга только аллелями ядерных генов ($\text{ЦИТ}^{\text{S}}\text{Rf}$ и $\text{ЦИТ}^{\text{S}}\text{rf}$). Запишите гаметы родительских особей.
5. Определите, какие генотипы образуются у потомков F_1 . Помните, что процесс оплодотворения носит равновероятностный характер, т.е. любой сперматозоид может оплодотворить любую яйцеклетку.
6. Проанализируйте потомство F_1 . Определите генотип и фенотип.
7. Если требуется по условию задачи, получите гибридов F_2 , скрестив между собой потомков F_1 (повторите действия пп. 2—4). Запишите фенотипы потомства. Помните, что расщепление гибридов F_2 не подчиняется законам Менделя.
8. Дайте ответы на вопросы задачи.

❖ Примеры решения задач

Задача 050. У кукурузы цитоплазматическая мужская стерильность (ЦМС) определяется плазматическим геном ЦИТ^{S} и рецессивными ядерными генами rfrf . Доминантная аллель гена Rf обуславливает развитие фертильной пыльцы как при наличии плазматического гена ЦИТ^{N} , так и ЦИТ^{S} . Если растение имеет плазматический ген ЦИТ^{N} , то оно образует фертильную пыльцу как при наличии в генотипе доминантных, так и рецессивных аллелей гена Rf . Определите, каким будет соотношение фертильных и стерильных растений, полученных в результате скрещивания $\text{♀ } \text{ЦИТ}^{\text{S}}\text{Rfrf} \times \text{♂ } \text{ЦИТ}^{\text{N}}\text{Rfrf}$.

Дано:

ЦИТ^N — фертильность

ЦИТ^S — стерильность

Rf — фертильность

rf — стерильность

P ♀ ЦИТ^SRrf × ♂ ЦИТ^NRrf
фертильный фертильный

Соотношение фертильных
и стерильных в F₁ — ?

Решение:

1. Записываем схему скрещивания.

P ♀ ЦИТ^SRrf × ♂ ЦИТ^NRrf
фертильный фертильный

2. Определяем типы гамет скрещиваемых особей.

P ♀ ЦИТ^SRrf × ♂ ЦИТ^NRrf
фертильный фертильный

Типы гамет $\text{ЦИТ}^S\text{Rf}$ Rf
 $\text{ЦИТ}^S\text{rf}$ rf

3. Получаем потомков F₁.

P ♀ ЦИТ^SRrf × ♂ ЦИТ^NRrf
фертильный фертильный

Типы гамет $\text{ЦИТ}^S\text{Rf}$ Rf
 $\text{ЦИТ}^S\text{rf}$ rf

F₁ ЦИТ^SRrf ЦИТ^SRrf ЦИТ^SRrf ЦИТ^Srfrf
фертильный фертильный фертильный стерильный

4. Проводим анализ скрещивания. В F₁ наблюдается расщепление — 3 (фертильные) : 1 (стерильные).

Краткая запись решения задачи:

P ♀ ЦИТ^SRrf × ♂ ЦИТ^NRrf
фертильный фертильный

Типы гамет $\text{ЦИТ}^S\text{Rf}$ Rf
 $\text{ЦИТ}^S\text{rf}$ rf

F₁ ЦИТ^SRrf ЦИТ^SRrf ЦИТ^SRrf ЦИТ^Srfrf
фертильный фертильный фертильный стерильный

3 (фертильные) : 1 (стерильные)

Ответ: в F₁ наблюдается расщепление — 3 (фертильные) : 1 (стерильные).

Задача 051. У лука цитоплазматическая мужская стерильность обусловлена плазмагеном ЦИТ^S и рецессивными ядерными генами msms . Доминантный ядерный ген Ms в гомозиготном или гетерозиготном состоянии обуславливает развитие у растений фертильной пыльцы. Плазмаген ЦИТ^N обуславливает развитие фертильной пыльцы при любом сочетании в генотипе ядерных генов. Все потомство от скрещивания стерильного растения лука с фертильным оказалось фертильным. Определите генотипы скрещиваемых растений.

Дано:

ЦИТ^N — фертильность

ЦИТ^S — стерильность

Ms — фертильность

ms — стерильность

$\text{P} \text{♀}$ стерил. \times ♂ фертил.

F_1 — фертильное

Генотипы P — ?

Решение:

1. *Записываем схему скрещивания.*

$\text{P} \text{♀}$ стерил. \times ♂ фертил.

F_1 — фертильное

2. *Определяем типы гамет скрещиваемых особей, анализируя потомство.*

Материнское растение стерильно, значит, оно содержит рецессивные аллели ядерных генов и плазмаген ЦИТ^S , то есть его генотип — $\text{ЦИТ}^S\text{msms}$. Потомство фертильное. Таким оно может быть только за счет отцовского растения (так как материнское растение стерильно). Поскольку гаметы отцовского растения не содержат плазмагены, значит, потомство фертильно только за счет ядерных генов. Так как потомство единообразное, значит, отцовское растение содержит две доминантные аллели гена. Точно определить генотип отцовского растения невозможно: оно имеет доминантные гены, значит, независимо от типа плазмагена, оно будет фертильным. Поэтому генотип отцовского растения может быть — $\text{ЦИТ}^S\text{MsMs}$ или $\text{ЦИТ}^N\text{MsMs}$.

3. *Переписываем схему скрещивания, используя установленные генотипы.* Так как гаметы отцовского организма не содержат плазмагена, можно рассмотреть только один вариант скрещивания из двух возможных, поскольку оба скрещивания будут иметь одинаковый результат.

P ♀ ЦИТ^Smsms × ♂ ЦИТ^NMsMs
 стерильный фертильный

4. Определяем гаметы скрещиваемых растений.

P ♀ ЦИТ^Smsms × ♂ ЦИТ^NMsMs
 стерильный фертильный

Типы гамет (ЦИТ^Sms) (Ms)

5. Получаем потомков F₁.

P ♀ ЦИТ^Smsms × ♂ ЦИТ^NMsMs
 стерильный фертильный

Типы гамет (ЦИТ^Sms) (Ms)

F₁ ЦИТ^SMsms
 фертильный

Краткая запись решения задачи:

♀ растение стерильно ⇒ его генотип ЦИТ^Smsms.

F₁ и ♂ растение фертильны ⇒ ♂ растение имеет два доминантных ядерных гена, а плазматоген может быть любым — и ЦИТ^S, и ЦИТ^N, то есть возможны два варианта генотипа ♂ — ЦИТ^SMsMs или ЦИТ^NMsMs.

P ♀ ЦИТ^Smsms × ♂ ЦИТ^NMsMs
 стерильный фертильный

Типы гамет (ЦИТ^Sms) (Ms)

F₁ ЦИТ^SMsms
 фертильный

Ответ: генотипы P: ♀ — ЦИТ^Smsms, ♂ — ЦИТ^SMsMs или ЦИТ^NMsMs.

◆ Задачи для самостоятельного решения

Задача 305. У кукурузы фертильная пыльца образуется на основе нормальной цитоплазмы (ЦИТ^N), а наследственная стерильность пыльцы обусловлена наличием стерильной цитоплазмы (ЦИТ^S). Доминантный ген Rf восстанавливает фертильность, и стерильная цитоплазма проявляет

свое действие только в сочетании с рецессивными аллелями этого гена ($rfrf$). Определите соотношение фертильных и стерильных растений в следующих скрещиваниях:

- 1) ♀ $ЦИТ^S rfrf$ × ♂ $ЦИТ^S RfRf$;
- 2) ♀ $ЦИТ^S rfrf$ × ♂ $ЦИТ^N RfRf$;
- 3) ♀ $ЦИТ^S rfrf$ × ♂ $ЦИТ^N rfrf$;
- 4) ♀ $ЦИТ^N rfrf$ × ♂ $ЦИТ^N RfRf$.

Задача 306. У кукурузы фертильная пыльца образуется на основе нормальной цитоплазмы ($ЦИТ^N$), а наследственная стерильность пыльцы обусловлена наличием стерильной цитоплазмы ($ЦИТ^S$). Доминантный ген Rf восстанавливает фертильность, и стерильная цитоплазма проявляет свое действие только в сочетании с рецессивными аллелями этого гена ($rfrf$). При скрещивании растения со стерильной пыльцой с растением, у которого нормальная пыльца, получено потомство, состоящее на $1/2$ из фертильных и на $1/2$ из стерильных растений. Определите генетическую систему отцовского растения.

Задача 307. У кукурузы фертильная пыльца образуется на основе нормальной цитоплазмы ($ЦИТ^N$), а наследственная стерильность пыльцы обусловлена наличием стерильной цитоплазмы ($ЦИТ^S$). Доминантный ген Rf восстанавливает фертильность, и стерильная цитоплазма проявляет свое действие только в сочетании с рецессивными аллелями этого гена ($rfrf$). Все потомство от скрещивания стерильного растения с растением, имеющим стерильную цитоплазму, — фертильно. Определите: 1) генотипы скрещиваемых растений; 2) фенотипы гибридов, полученных от скрещивания потомков F_1 между собой.

Задача 308. У кукурузы фертильная пыльца образуется на основе нормальной цитоплазмы ($ЦИТ^N$), а наследственная стерильность пыльцы обусловлена наличием стерильной цитоплазмы ($ЦИТ^S$). Доминантный ген Rf восстанавливает фертильность, и стерильная цитоплазма проявляет свое действие только в сочетании с рецессивными аллелями этого гена ($rfrf$). С каким отцовским растением надо провести скрещивание: 1) растения с генетической системой $ЦИТ^S rfrf$ для восстановления его фертильности; 2) сте-

рильного растения с генетической системой $\text{ЦИТ}^S\text{rfrf}$ для закрепления его стерильности?

Задача 309. У лука цитоплазматическая мужская стерильность обусловлена плазмагеном ЦИТ^S и рецессивными ядерными генами msms . Доминантный ядерный ген Ms в гомозиготном или гетерозиготном состоянии обуславливает развитие у растений фертильной пыльцы. Плазмаген ЦИТ^N обуславливает развитие фертильной пыльцы при любом сочетании в генотипе ядерных генов. Какова вероятность получения фертильных растений в следующих скрещиваниях:

- 1) ♀ $\text{ЦИТ}^S\text{msms}$ × ♂ $\text{ЦИТ}^N\text{Msms}$;
- 2) ♀ $\text{ЦИТ}^N\text{Msms}$ × ♂ $\text{ЦИТ}^S\text{msms}$?

Задача 310. У кукурузы линии с цитоплазматической мужской стерильностью имеют плазмаген ЦИТ^S и рецессивные гены rfrf , локализованные в хромосомах. Во всех остальных случаях растения имеют фертильную пыльцу при любом сочетании плазмагена и ядерных генов. Какова вероятность появления стерильных потомков в следующих скрещиваниях:

- 1) ♀ $\text{ЦИТ}^S\text{rfrf}$ × ♂ $\text{ЦИТ}^N\text{RfRf}$;
- 2) ♀ $\text{ЦИТ}^N\text{RfRf}$ × ♂ $\text{ЦИТ}^N\text{RfRf}$?

Задача 311. У пшеницы развитие признака стерильности цитоплазмы находится под контролем двух пар генов. Взаимодействие двух доминантных генов Rf_1 и Rf_2 восстанавливает фертильность, и ЦИТ^S проявиться не может. Растения с одним доминантным геном (Rf_1 или Rf_2) в гетерозиготном или гомозиготном состоянии — полустерильны. Какое расщепление по стерильности-фертильности произойдет в потомстве от самоопыления растений, имеющих генетическую систему:

- | | |
|---|---|
| 1) $\text{ЦИТ}^S\text{Rf}_1\text{rf}_1\text{rf}_2\text{rf}_2$; | 4) $\text{ЦИТ}^S\text{Rf}_1\text{Rf}_1\text{Rf}_2\text{rf}_2$; |
| 2) $\text{ЦИТ}^S\text{Rf}_1\text{Rf}_1\text{rf}_2\text{rf}_2$; | 5) $\text{ЦИТ}^S\text{Rf}_1\text{Rf}_1\text{Rf}_2\text{Rf}_2$; |
| 3) $\text{ЦИТ}^S\text{Rf}_1\text{rf}_1\text{Rf}_2\text{rf}_2$; | 6) $\text{ЦИТ}^S\text{rf}_1\text{rf}_1\text{rf}_2\text{rf}_2$? |

Задача 312. У пшеницы цитоплазматическая мужская стерильность определяется плазмагеном ЦИТ^S и рецессивными аллелями ядерных генов rf_1 и rf_2 . Фертильная пыльца развивается, если растения имеют плазмаген ЦИТ^N и лю-

бые сочетания ядерных генов, или плазмаген ЦИТ^S и доминантные ядерные комплементарные гены Rf_1 и Rf_2 в гомозиготном или гетерозиготном состоянии. Растения, имеющие плазмаген ЦИТ^S и только один из комплементарных доминантных ядерных генов, развивают полустерильную пыльцу, часть пыльцевых зерен у них может быть фертильной. Какое потомство можно ожидать от следующих скрещиваний:

- 1) ♀ $\text{ЦИТ}^S \text{rf}_1 \text{rf}_1 \text{rf}_2 \text{rf}_2$ × ♂ $\text{ЦИТ}^S \text{Rf}_1 \text{Rf}_1 \text{rf}_2 \text{rf}_2$;
- 2) ♀ $\text{ЦИТ}^S \text{rf}_1 \text{rf}_1 \text{rf}_2 \text{rf}_2$ × ♂ $\text{ЦИТ}^N \text{Rf}_1 \text{Rf}_1 \text{rf}_2 \text{rf}_2$;
- 3) ♀ $\text{ЦИТ}^S \text{rf}_1 \text{rf}_1 \text{rf}_2 \text{rf}_2$ × ♂ $\text{ЦИТ}^S \text{Rf}_1 \text{Rf}_1 \text{Rf}_2 \text{rf}_2$;
- 4) ♀ $\text{ЦИТ}^S \text{rf}_1 \text{rf}_1 \text{rf}_2 \text{rf}_2$ × ♂ $\text{ЦИТ}^N \text{Rf}_1 \text{Rf}_1 \text{Rf}_2 \text{Rf}_2$?

Задача 313. У пшеницы мужская цитоплазматическая стерильность обуславливается плазмагеном ЦИТ^S и двумя парами ядерных комплементарных генов, находящихся в рецессивном состоянии. Если в генотипе содержится плазмаген ЦИТ^S и только один доминантный комплементарный ядерный ген Rf_1 или Rf_2 , то растения будут иметь только часть фертильной пыльцы (остальная стерильна). Такие растения называются полустерильными. Полностью фертильная пыльца будет при наличии в генотипе ЦИТ^N и обоих комплементарных генов Rf_1 и Rf_2 в гомозиготном или гетерозиготном состоянии. Какова вероятность появления стерильных потомков в следующих скрещиваниях:

- 1) ♀ $\text{ЦИТ}^S \text{Rf}_1 \text{rf}_1 \text{rf}_2 \text{rf}_2$ × ♂ $\text{ЦИТ}^N \text{Rf}_1 \text{rf}_1 \text{Rf}_2 \text{rf}_2$;
- 2) ♀ $\text{ЦИТ}^N \text{rf}_1 \text{rf}_1 \text{Rf}_2 \text{rf}_2$ × ♂ $\text{ЦИТ}^S \text{Rf}_1 \text{Rf}_1 \text{rf}_2 \text{rf}_2$?

Задача 314. У пшеницы мужская цитоплазматическая стерильность обуславливается плазмагеном ЦИТ^S и двумя парами ядерных комплементарных генов, находящихся в рецессивном состоянии. Если в генотипе содержится плазмаген ЦИТ^S и только один доминантный комплементарный ядерный ген Rf_1 или Rf_2 , то растения будут иметь только часть фертильной пыльцы (остальная стерильна). Такие растения называются полустерильными. Полностью фертильная пыльца будет при наличии в генотипе ЦИТ^N и обоих комплементарных генов Rf_1 и Rf_2 в гомозиготном или гетерозиготном состоянии. Какова вероятность появления фертильных потомков в следующих скрещиваниях:

- 1) ♀ $\text{ЦИТ}^S \text{rf}_1 \text{rf}_1 \text{rf}_2 \text{rf}_2$ × ♂ $\text{ЦИТ}^N \text{Rf}_1 \text{Rf}_1 \text{Rf}_2 \text{rf}_2$;
- 2) ♀ $\text{ЦИТ}^S \text{rf}_1 \text{rf}_1 \text{rf}_2 \text{rf}_2$ × ♂ $\text{ЦИТ}^S \text{rf}_1 \text{rf}_1 \text{rf}_2 \text{rf}_2$?

ГЕНЕТИКА ПОПУЛЯЦИЙ

Популяцией называется 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 закономерностей 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 (или аллели)** понимают его долю, отнесенную к общему количеству генотипов (или аллелей) в популяции. Частота генотипа, или аллели, выражается либо в процентах, либо в долях единицы (если общее количество генотипов или аллелей популяции принимается за 100% или 1). Так, если ген имеет две аллельные формы и доля рецессивной аллели **a** составляет $\frac{3}{4}$ (или 75%), то доля доминантной аллели **A** будет равна $\frac{1}{4}$ (или 25%) 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:

$$\text{количество особей в поколении} = a \cdot b \cdot n, \quad (3)$$

где a — число исходных гетерозиготных форм, b — коэффициент размножения (число потомков одной особи за один цикл размножения), n — порядковый номер поколения. Соотношение генотипов в разных поколениях рассчитывается по формуле:

$$\frac{2^{n+1} - 2}{2} AA : 2Aa : \frac{2^{n+1} - 2}{2} aa, \quad (4)$$

где n — порядковый номер поколения.

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

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 также 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:

$$p + q = 1. \quad (5)$$

Частоту встречаемости аллели (например, A) pA вычисляем по формуле:

$$p(A) = \frac{\text{количество аллелей } A}{\text{общее количество аллелей}}. \quad (6)$$

Частоты генотипов в панмиктической популяции рассчитываются по формуле:

$$p^2 + 2pq + q^2 = 1. \quad (7)$$

Пользуясь этими формулами, можно рассчитать частоты аллелей и генотипов в конкретной панмиктической популяции.

◆ Вопросы и задания для самоконтроля

1. Что такое популяция?
2. Что такое генофонд популяции?
3. Что такое генетическая структура популяции?
4. Что понимают под частотой встречаемости гена или генотипа?
5. Каковы единицы измерения частоты встречаемости гена или генотипа?
6. Чему равна частота встречаемости доминантной аллели гена, если частота встречаемости рецессивной 0,73?
7. В чем заключается причина гомозиготизации популяции?
8. В какой популяции из поколения в поколение соотношение генов и генотипов остается неизменным?
9. Какая популяция называется панмиктической?
10. Как рассчитывают частоту встречаемости генотипов в популяции при условии самооплодотворения особей?
11. Как рассчитывают частоту встречаемости генотипов в панмиктической популяции?
12. Из вариантов ответов, предложенных к тестовым заданиям, выберите один верный.
 1. *Что такое генофонд популяции?*
 - а) совокупность генотипов всех особей популяции
 - б) совокупность фенотипов всех особей популяции
 - в) соотношение в популяции различных генотипов и аллелей генов
 - г) соотношение в популяции особей разного пола

2. *Что такое генетическая структура популяции?*
- а) совокупность генотипов всех особей популяции
 - б) совокупность фенотипов всех особей популяции
 - в) соотношение в популяции различных генотипов и аллелей генов
 - г) соотношение в популяции особей разного пола
3. *Что понимают под частотой генотипа?*
- а) соотношение в популяции различных генотипов и аллелей генов
 - б) соотношение в популяции особей разного пола
 - в) долю данного генотипа, отнесенную к общему количеству генотипов в популяции
 - г) долю данного генотипа, отнесенную к общему количеству генов в популяции
4. *В чем выражается частота генотипа?*
- а) в процентах или штуках
 - б) в долях единицы или штуках
 - в) в долях единицы или процентах
 - г) в штуках
5. *От чего зависит генетическая структура популяции?*
- а) от числа особей женского пола
 - б) от числа особей мужского пола
 - в) от способа размножения
 - г) от соотношения особей мужского и женского пола
6. *В каких популяциях наблюдается процесс гомозиготизации?*
- а) в популяциях перекрестноопыляющихся растений
 - б) в популяциях самоопыляющихся растений
 - в) в любых популяциях
 - г) в панмиктических популяциях
7. *Какая популяция называется панмиктической?*
- а) популяция, в которой происходит самооплодотворение
 - б) популяция, в которой отсутствует перекрестное оплодотворение
 - в) популяция, в которой происходит свободное скрещивание особей

- г) популяция, в которой отсутствует скрещивание особей
8. Чему равна сумма частот встречаемости в популяции доминантной и рецессивной аллелей гена?
а) 1 б) 2 в) 50 г) 100
9. Какое условие нарушает идеальность популяции?
а) большая численность популяции
б) наличие отбора в пользу какого-либо генотипа
в) отсутствие мутационного процесса
г) одинаковая жизнеспособность всех генотипов
10. Какой фактор может изменить генетическую структуру популяции?
а) панмиксия
б) отсутствие мутаций
в) естественный отбор
г) увеличение численности популяции
11. Чему равна частота встречаемости рецессивной аллели гена, если частота встречаемости доминантной — 0,4?
а) 0,1 б) 0,4 в) 0,6 г) 1
12. Чему равна частота встречаемости рецессивной аллели гена, если популяция состоит из 250 особей с генотипом **AA** и 750 особей с генотипом **aa**?
а) 0,25 б) 0,5 в) 0,75 г) 1
13. Чему равна частота встречаемости доминантной аллели гена, если популяция состоит из 150 особей с генотипом **AA** и 350 особей с генотипом **Aa**?
а) 0,1 б) 0,35 в) 0,65 г) 1
14. Чему равна частота встречаемости рецессивной аллели гена, если популяция состоит из 400 особей с генотипом **AA** и 600 особей с генотипом **Aa**?
а) 0,1 б) 0,3 в) 0,7 г) 1
15. Чему равна частота встречаемости в популяции генотипа **AA**, если частота встречаемости рецессивной аллели гена равна 0,3?
а) 0,09 б) 0,3 в) 0,49 г) 0,7

16. Чему равна частота встречаемости в популяции генотипа Aa , если частота встречаемости рецессивной аллели гена равна 0,5?
 а) 0,05 б) 0,25 в) 0,5 г) 0,75
17. Чему равна частота встречаемости в популяции генотипа aa , если частота встречаемости рецессивной аллели гена равна 0,6?
 а) 0,06 б) 0,36 в) 0,6 г) 1

Определение частот генов и генотипов в панмиктической популяции

Основные этапы решения задач

- Внимательно прочтите и запишите условие задачи.
- Пользуясь формулами (5), (6) и (7), 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 процентах или долях единицы;
 - общее число аллелей генов или генотипов популяции принимается 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;
 - сумма частот аллелей гена равна 1;
 - частота встречаемости гомозиготных по доминантному признаку особей — p^2 , гетерозиготных — $2pq$, гомозиготных по рецессивному признаку — q^2 .
- Запишите ответ к задаче.

✧ Примеры решения задач

Задача 052. Какова частота встречаемости в популяции рецессивной аллели a , если частота встречаемости в данной популяции доминантной аллели A — 0,25?

Дано:	Решение:
$p = 0,25$	1. Согласно закону Харди-Вайнберга: $p + q = 1$. Из формулы выражаем q : $q = 1 - p$.
$q = ?$	2. Вычисляем частоту встречаемости рецессивной аллели: $q = 1 - 0,25 = 0,75$.

Краткая запись решения задачи:

$$p + q = 1$$

$$q = 1 - p$$

$$q = 1 - 0,25 = 0,75.$$

Ответ: $q = 0,75$.

Задача 053. Популяция состоит из 120 особей с генотипом Aa . Какова частота встречаемости в данной популяции доминантной и рецессивной аллелей гена?

Дано:	Решение:
$Aa = 120$	1. <i>Вычисляем общее количество генов в популяции.</i> Популяция состоит из 120 особей, каждая из которых содержит две аллели гена, поэтому общее число аллелей в данной популяции — 240 ($120 \cdot 2$).
$q = ?$	

2. *Вычисляем количество доминантных и рецессивных аллелей гена в данной популяции.* Каждая особь содержит одну доминантную и одну рецессивную аллель гена. Число особей в популяции — 120. Поэтому в данной популяции 120 доминантных и 120 рецессивных аллелей гена.

3. *Вычисляем частоту встречаемости доминантной аллели A .* Частоту встречаемости аллели A (p) вычисляем по формуле (6): $p = \frac{120}{240} = 0,5$.

4. *Вычисляем частоту встречаемости рецессивной аллели a .* Частоту встречаемости рецессивной аллели можно вычислить двумя способами:

1 способ. По формуле (6): $pa = \frac{120}{240} = 0,5$.

2 способ. Согласно закону Харди-Вайнберга: $p + q = 1$.
Из формулы выражаем q : $q = 1 - p$. $q = 1 - 0,5 = 0,5$.

Краткая запись решения задачи:

$120 + 120 = 240$ (общее число аллелей).

A — 120 аллелей, **a** — 120 аллелей.

$$p = \frac{120}{240} = 0,5$$

$$p = \frac{120}{240} = 0,5 \quad \text{или} \quad \begin{aligned} p + q &= 1 \\ q &= 1 - p \\ q &= 1 - 0,5 = 0,5 \end{aligned}$$

Ответ: $p = 0,5$; $q = 0,5$.

Задача 054. Популяция состоит из 240 особей с генотипом **ВВ** и 260 особей с генотипом **Вb**. Какова частота встречаемости в данной популяции доминантной и рецессивной аллелей гена?

Дано:

ВВ = 240

Вb = 260

p, q — ?

Решение:

1. *Вычисляем общее количество генов в популяции.* Всего популяция состоит из 500 особей (240 + 260), каждая из которых содержит две аллели гена, поэтому общее число аллелей в данной популяции — 1000 (500 · 2).
2. *Вычисляем количество доминантных и рецессивных аллелей гена в данной популяции.* Гомозиготные особи содержат по две доминантных аллели гена — $240 \cdot 2 = 480$. Каждая гетерозиготная особь содержит одну доминантную и одну рецессивную аллель гена, то есть 260 **В** и 260 **b**. Поэтому количество доминантных аллелей — $480 + 260 = 740$, а количество рецессивных — 260.
3. *Вычисляем частоту встречаемости доминантной аллели **В**.* Частоту встречаемости аллели **В** (p) вычисляем по формуле (6): $p = \frac{740}{1000} = 0,74$.

4. Вычисляем частоту встречаемости рецессивной аллели **b**. Частоту встречаемости рецессивной аллели можно вычислить двумя способами:

1 способ. По формуле (6): $p = \frac{260}{1000} = 0,26$.

2 способ. Согласно закону Харди-Вайнберга: $pB + qb = 1$. Из формулы выражаем q : $q = 1 - p$; $q = 1 - 0,74 = 0,26$.

Краткая запись решения задачи:

$$(240 + 260) \cdot 2 = 1000 \text{ (общее число аллелей).}$$

$$BB \rightarrow 240 \cdot 2 = 480 \text{ (аллелей B).}$$

$$\begin{array}{l} \text{Bb} \rightarrow 260 \text{ (аллелей B)} \\ \text{Bb} \rightarrow 260 \text{ (аллелей b)} \end{array}$$

$$B - 480 + 260 = 740$$

$$b - 260$$

$$p = \frac{740}{1000} = 0,74$$

$$p = \frac{260}{1000} = 0,26 \quad \text{или} \quad \begin{array}{l} p + q = 1 \\ q = 1 - p \\ q = 1 - 0,74 = 0,26 \end{array}$$

Ответ: $p = 0,74$; $q = 0,26$.

Задача 055. В популяции, которая размножается путем свободного скрещивания, имеется следующая частота генотипов: 0,4 AA и 0,6 Aa. Определите, какие частоты генотипов AA, Aa, aa установятся в первом поколении в данной популяции.

Дано:

$$AA = 0,4$$

$$Aa = 0,6$$

$$p^2, 2pq, q^2 - ?$$

Решение:

1. Вычисляем количество яйцеклеток и сперматозоидов в данной популяции.

По каждому генотипу образуется одинаковое количество яйцеклеток и сперматозоидов, поэтому количество яйцеклеток — $0,4A + 0,3A + 0,3a$; сперматозоидов — $0,4A + 0,3A + 0,3a$.

2. Находим соотношение образующихся особей с различными генотипами.

$$(0,4A + 0,3A + 0,3a) \times (0,4A + 0,3A + 0,3a) = \\ = 0,16AA + 0,12AA + 0,12Aa + 0,12AA + 0,09AA + 0,09Aa + \\ + 0,12Aa + 0,09Aa + 0,09aa = 0,49AA + 0,42Aa + 0,09aa$$

Краткая запись решения задачи:

Образуется:

яйцеклеток — $0,4A + 0,3A + 0,3a$;

сперматозоидов — $0,4A + 0,3A + 0,3a$.

$$(0,4A + 0,3A + 0,3a) \times (0,4A + 0,3A + 0,3a) = \\ = 0,16AA + 0,12AA + 0,12Aa + 0,12AA + 0,09AA + 0,09Aa + \\ + 0,12Aa + 0,09Aa + 0,09aa = 0,49AA + 0,42Aa + 0,09aa$$

Ответ: $0,49(AA) + 0,42(Aa) + 0,09(aa)$.

Задача 056. Вычислите частоту (p) доминантной аллели и частоту (q) рецессивной аллели в популяции, которую составляют особи со следующими генотипами: AA — 36%, Aa — 48%, aa — 16%.

Дано:

$$AA = 36\%$$

$$Aa = 48\%$$

$$aa = 16\%$$

$$p, q = ?$$

Решение:

1. Выражаем частоту встречаемости генотипов в процентах:

$$AA — 36\%, \text{ или } 0,36;$$

$$Aa — 48\%, \text{ или } 0,484;$$

$$aa — 16\%, \text{ или } 0,16.$$

2. Согласно закону Харди-Вайнберга: $p^2 + 2pq + q^2$.

Из формулы выражаем pA и qa :

$$p = \sqrt{p^2}; q = \sqrt{q^2}.$$

3. Вычисляем частоту встречаемости доминантной аллели:

$$p = \sqrt{0,36} = 0,6; \text{ рецессивной аллели: } q = \sqrt{0,16} = 0,4.$$

Краткая запись решения задачи:

AA — 36%, или 0,36; Aa — 48%, или 0,48; aa — 16%, или 0,16.

$$pA = \sqrt{0,36} = 0,6; q = \sqrt{0,16} = 0,4.$$

Ответ: $p = 0,6; q = 0,4$.

Задача 057. У озимой ржи антоциановая (красно-фиолетовая) окраска всходов определяется доминантной аллелью **A**, зеленая — рецессивной **a**. На участке площадью 1000 м² произрастает 300 тыс. растений, из них 75 тыс. имеют зеленую окраску всходов. Какова частота аллели **a** в данной популяции?

Дано:

Всего — 300 000 раст.

aa — 75 000

q — ?

Решение:

1. *Находим частоту встречаемости растений с генотипом **aa**. Частота встречаемости — это доля растений с генотипом **aa** от общего количества растений.*

Поэтому $q^2 = \frac{\text{число растений с генотипом aa}}{\text{общее число растений}}$

$$q^2 = \frac{75\,000}{300\,000} = 0,25$$

2. *Находим частоту встречаемости гена **a**. Согласно закону Харди-Вайнберга:*

$$p^2 + 2pq + q^2 = 1.$$

Из формулы выражаем qa :

$$q = \sqrt{q^2}.$$

Находим qa :

$$q = \sqrt{0,25} = 0,5.$$

Краткая запись решения задачи:

$$q^2 = \frac{\text{число растений с генотипом aa}}{\text{общее число растений}}$$

$$q^2 = \frac{75\,000}{300\,000} = 0,25$$

$$q = \sqrt{q^2}$$

$$q = \sqrt{0,25} = 0,5.$$

Ответ: $q = 0,5$.

◆ Задачи для самостоятельного решения

Задача 315. Какова частота встречаемости в популяции рецессивной аллели **a**, если частота встречаемости в данной популяции доминантной аллели **A**:

- 1) 0,36; 2) 0,44; 3) 0,62; 4) 0,13?

Задача 316. Какова частота встречаемости в популяции доминантной и рецессивной аллелей гена, если она состоит из особей с генотипом **Cc**, количество которых:

- 1) 186; 2) 254; 3) 360; 4) 787?

Задача 317. Обследованная группа особей состоит из 45 гетерозигот. Какую частоту встречаемости имеет нормальная (**A**) и мутантная (**a**) аллели гена в процентах и долях единицы от общего числа аллелей в данной группе?

Задача 318. Вычислите частоту (p) доминантной аллели и частоту (q) рецессивной аллели в популяции, которая состоит из:

- 1) 400 особей **CC** и 100 особей **cc**;
- 2) 700 особей **CC** и 300 особей **cc**;
- 3) 180 особей **CC** и 20 особей **cc**;
- 4) 150 особей **CC** и 250 особей **cc**;
- 5) 60 особей **Cc** и 40 особей **cc**;
- 6) 200 особей **Cc** и 200 особей **cc**;
- 7) 360 особей **Cc** и 140 особей **cc**;
- 8) 440 особей **Cc** и 60 особей **cc**;
- 9) 200 особей **CC** и 200 особей **Cc**;
- 10) 220 особей **CC** и 80 особей **Cc**;
- 11) 320 особей **CC** и 280 особей **Cc**;
- 12) 620 особей **CC** и 280 особей **Cc**.

Задача 319. Определите, какие частоты генотипов **AA**, **Aa**, **aa** установятся в первом поколении в популяции, которая размножается путем свободного скрещивания и имеет следующую частоту генотипов:

- 1) 0,2 **AA** и 0,8 **Aa**;
- 2) 0,6 **AA** и 0,4 **Aa**;
- 3) 0,3 **AA** и 0,7 **Aa**;
- 4) 0,5 **AA** и 0,5 **Aa**;

- 5) 0,4 AA и 0,6 aa;
- 6) 0,2 AA и 0,8 aa;
- 7) 0,1 AA и 0,9 aa;
- 8) 0,2 AA, 0,2 Aa и 0,6 aa;
- 9) 0,4 AA, 0,4 Aa и 0,2 aa;
- 10) 0,3 AA, 0,6 Aa и 0,1 aa.

Задача 320. Вычислите частоту (p) доминантной аллели и частоту (q) рецессивной аллели в популяции, которую составляют особи со следующими генотипами:

- 1) AA — 64%, Aa — 32%, aa — 4%;
- 2) AA — 49%, Aa — 42%, aa — 9%;
- 3) AA — 16%, Aa — 48%, aa — 36%;
- 4) AA — 9%, Aa — 42%, aa — 49%;
- 5) AA — 4%, Aa — 32%, aa — 64%.

Задача 321. У озимой ржи сорта Вятка 2 антоциановая (красно-фиолетовая) окраска всходов определяется доминантной аллелью А, зеленая — рецессивной аллелью а. На участке площадью 0,25 га произрастает 1 000 000 растений. При анализе растений на метровых площадках было установлено, что 75% растений имеют антоциановые всходы, остальные — зеленые. Какова частота доминантной аллели А в данной популяции?

Задача 322. У подсолнечника наличие панцирного слоя в семянке доминирует над отсутствием его и наследуется моногенно. При апробации установлено, что 4% семян не имеют панцирного слоя. Какова частота доминантной аллели в популяции?

Задача 323. У дикорастущей земляники красная окраска ягод доминирует над розовой. В популяции земляники из 1230 растений 36 имеют розовую окраску ягод. Какова частота рецессивной аллели в данной панмиктической популяции?

Задача 324. У кукурузы ген С обуславливает развитие окрашенного алейрона, ген с — неокрашенного. В исходной популяции содержится 1% особей с рецессивными признаками. Чему равна частота рецессивной аллели?

Задача 325. У ржи сорта Тулунская зеленозерная в анализируемой популяции наряду с зеленозерными растениями содержатся желтозерные. Известно, что желтая окраска зерновки является доминантной по отношению к зеленой. При проведении апробации было установлено, что в данной панмиктической популяции 81% растений зеленозерных, остальные — желтозерные. Какова частота доминантных гомозигот в популяции?

Задача 326. У гречихи ярко-красная окраска растений неполно доминирует над зеленой. Гетерозиготы по данным генам имеют розовую окраску. В панмиктической популяции, состоящей из 840 растений, содержалось 42 красных. Какова частота встречаемости гомозиготных растений?

Задача 327. У ржи опушение соломины под колосом доминирует над отсутствием опушения. В популяции ржи сорта Вятка при анализе апробационного снопа обнаружено четыре растения из 500, у которых отсутствовало опушение под колосом. Какова частота встречаемости гетерозиготных растений в данной популяции?

Задача 328. У кур черное оперение неполно доминирует над белым. Гетерозиготные особи имеют голубое оперение. Из 2400 кур птицефермы 384 имели черное оперение, 1152 — голубое, остальные — белое.

- 1) Какова частота встречаемости доминантной аллели гена?
- 2) Какова частота встречаемости рецессивной аллели гена?
- 3) Какова частота встречаемости белых кур?
- 4) Какова частота встречаемости черных кур?
- 5) Какова частота встречаемости кур с голубым оперением?

Задача 329. Альбинизм наследуется как аутосомно-рецессивный признак. Частота встречаемости гена альбинизма в странах Западной Европы 1:20000. Определите частоту встречаемости в Западной Европе альбиносов.

Задача 330. Фенилкетонурия — болезнь, связанная с нарушением аминокислотного обмена, наследующаяся по аутосомно-доминантному типу. Аминокислота фенилаланин не усваивается организмом и превращается в фенилпировиноградную кислоту, накапливающуюся в крови и выводящуюся с мочой. Она оказывает токсичное действие на нервные клетки головного мозга и в результате развивается нарушение высшей нервной деятельности, слабоумие, расстройство регуляции двигательных функций. У гомозиготных по рецессивному гену людей отсутствует способность ощущать вкус фенилтиомочевины. На северо-западе Европы доля лиц, не ощущающих вкус этого вещества, составляет в среднем 37,5%. Какова частота встречаемости лиц, чувствительных к вкусу фенилтиомочевины?

Определение генетической структуры панмиктической популяции

Основные этапы решения задач

1. Внимательно прочтите и запишите условие задачи.
2. Определите частоту встречаемости доминантной и рецессивной аллелей гена. **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 процентах или долях единицы**;
 - ♦ общее число аллелей генов или генотипов популяции принимается 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;
 - ♦ сумма частот аллелей гена равна 1.
3. Пользуясь законом Харди-Вайнберга, определите генетическую структуру популяции. **Помните, что частота встречаемости гомозиготных по доминантному призна-**

ку особей — p^2 , гетерозиготных — $2pq$, гомозиготных по рецессивному признаку — q^2 .

4. Запишите ответ к задаче.

❖ Пример решения задачи

Задача 058. У кукурузы крахмалистый эндосперм является доминантным по отношению к восковидному. При апробации сорта с крахмалистым эндоспермом было обнаружено 16% растений с восковидным эндоспермом. Семена данной панмиктической популяции были использованы на посев. Какую генетическую структуру будет иметь популяция следующего поколения?

Дано:

$aa = 16\%$

$p^2AA, 2pqAa, q^2aa = ?$

Решение:

1. *Выражаем частоту встречаемости гомозиготных растений в долях единицы. $aa = 16\%$, или 0,16.*

2. *Вычисляем частоту встречаемости рецессивного аллеля: $q^2aa = 0,16$. Согласно закону Харди-Вайнберга:*

$$p^2AA + 2pqAa + q^2aa.$$

Из формулы выражаем qa :

$$qa = \sqrt{q^2aa}.$$

Вычисляем частоту встречаемости рецессивного гена:

$$qa = \sqrt{0,16} = 0,4.$$

2. *Находим частоту встречаемости доминантной аллели гена. Согласно закону Харди-Вайнберга:*

$$pA + qa = 1.$$

Из формулы выражаем pa :

$$pA = 1 - qa.$$

Вычисляем частоту встречаемости доминантной аллели:

$$pA = 1 - 0,4 = 0,6.$$

3. *Определяем генетическую структуру популяции. Для этого используем формулу закона Харди-Вайнберга:*

$$\begin{aligned}
 & p^2AA + 2pqAa + q^2aa \\
 & 0,6^2AA + 2 \cdot 0,6 \cdot 0,4Aa + 0,4^2aa \\
 & 0,36AA + 0,48Aa + 0,16aa
 \end{aligned}$$

Краткая запись решения задачи:

$$aa = 16\%, \text{ или } 0,16$$

$$q^2aa = 0,16$$

$$pA + qa = 1$$

$$pA = 1 - qa$$

$$pA = 1 - 0,4 = 0,6$$

$$p^2AA + 2pqAa + q^2aa$$

$$0,6^2AA + 2 \cdot 0,6 \cdot 0,4Aa + 0,4^2aa$$

$$0,36AA + 0,48Aa + 0,16aa$$

Ответ: $0,36AA + 0,48Aa + 0,16aa$.

◆ Задачи для самостоятельного решения

Задача 331. У человека ген «резус положительный» доминантен по отношению к гену «резус отрицательный». В обследованной по этому показателю популяции 1982 человека были резус-положительными, а 368 — резус-отрицательными. Какова генетическая структура этой популяции?

Задача 332. У человека отсутствие пигментации кожи, волос и радужной оболочки глаз (альбинизм) обусловлено рецессивной аллелью. Нормальная пигментация — доминантной. В обследованной по этому признаку популяции среди 20000 людей обнаружено 412 альбиносов. Какова генетическая структура этой популяции?

Задача 333. У собак нормальная длина ног является рецессивной по отношению к коротконогости. В популяции беспородных собак было обнаружено 245 коротконогих животных и 24 — с нормальными ногами. Какова генетическая структура этой популяции?

Задача 334. У человека группы крови системы MN наследуются по типу неполного доминирования. У эскимосов Гренландии среди обследованных людей было обнаружено 475 человек с группой крови MM, 89 — с группой крови MN, 5 — с группой крови NN. Какова генетическая структура этой популяции?

Задача 335. Красная масть крупного рогатого скота породы шортгорн полностью доминирует над белой, гетерозиготные животные — чалые. В популяции этой породы было зарегистрировано 3780 чалых, 4169 красных и 756 белых животных. Примем, что в данной популяции сохраняется равновесие генотипов. Какова генетическая структура этой популяции?

Задача 336. В западноевропейских популяциях у 90% индивидуумов ушная сера представляет собой желтую и вязкую массу. У остальных она сероватая и сухая, так как содержит меньше липидов. Этот признак контролируется парой аллельных генов, причем сухой тип соответствует гомозиготности по рецессивному признаку. В Северном Китае и в Корее влажный тип встречается очень редко — соответственно 4,2% и 7,6%. Какова генетическая структура западноевропейской, северно-китайской и корейской популяций человека по этому признаку?

Задача 337. Предрасположенность к сахарному диабету наследуется по аутосомно-рецессивному типу. Частота встречаемости рецессивного гена предрасположенности к болезни в США приблизительно 22,5%. Какова частота встречаемости в США гетерозиготных носителей гена предрасположенности к сахарному диабету?

Задача 338. Амавротическая идиотия (болезнь Тея-Сакса) наследуется по аутосомно-рецессивному типу. Она связана с накоплением в нервных клетках коры головного мозга, в сетчатке глаза, в печени липоидоподобных веществ. Это приводит к слабоумию, снижению зрения и расстройствам двигательных функций. Рецессивные гомозиготы погибают в раннем возрасте. В Европе частота встречаемости

этого заболевания 0,04% (на 1000 новорожденных). Какова генетическая структура популяции жителей Европы по гену амавротической идиотии?

Задача 339. Частота встречаемости групп крови системы АВ0 на разных участках нашей планеты различна. В одних популяциях встречается только 2 аллели из трех. Так, у американских индейцев племен ута, навахо и аборигенов западной Австралии отсутствуют лица с группами крови В(III) и АВ(IV), но широко распространены группы крови 0(I) и А(II). Бушмены имеют 0(I) и В(III) группы крови. Частота встречаемости лиц с группой крови 0(I) в обследованных популяциях: ута — 97,4%, австралийские аборигены — 48,1%, навахо — 77,7%, бушмены — 83%. Определите генетическую структуру каждой популяции.

Задача 340. В панмиктической популяции уездного города N за десять лет родилось 93000 детей, из которых 350 имели патологический рецессивный признак j . Определите: а) частоты доминантной и рецессивной аллелей этого гена; б) частоту встречаемости в данной популяции гетерозиготных носителей рецессивной аллели; в) генетическую структуру этой популяции.

Определение генетической структуры популяции при условии самооплодотворения особей

Основные этапы решения задач

1. Внимательно прочтите и запишите условие задачи.
2. Если в задаче не указан коэффициент размножения, то выберите его произвольно. Наиболее удобно считать, что количество потомков 4 или кратно 4.
3. Определите количество потомков, которое можно получить от скрещивания исходных особей по формуле (3).
4. Определите соотношение генотипов потомков по формуле (4). Определив число особей в каждом генотипическом классе, проведите максимально возможное сокращение коэффициентов. **Помните, что:**

- потомство гомозиготной особи единообразно и имеет тот же генотип, что и исходная особь;
 - в потомстве гетерозиготной особи наблюдается расщепление в соотношении 1:2:1.
5. Если необходимо, определите соотношение фенотипов потомков. **Помните, что:**
- при полном доминировании особи двух генотипических классов имеют одинаковый фенотип;
 - при неполном доминировании расщепление по фенотипу соответствует расщеплению по генотипу;
 - при наследовании летальных генов особи одного генотипического класса погибают, что влияет на формулу расщепления как по генотипу, так и по фенотипу.
6. Запишите ответ к задаче.

✧ Примеры решения задач

Задача 059. Красная окраска цветка у гороха доминантна по отношению к белой. Взяты 4 растения гороха красноцветковых гетерозиготных (Aa) и 1 тоже красноцветковое гомозиготное (AA). Горох — самоопылитель. Определите соотношение генотипов и фенотипов в F_4 , если коэффициент размножения равен 4.

Дано:

Aa — 4 растения

AA — 1 растение

Соотношение генотипов и фенотипов в F_4 — ?

Решение:

Горох — самоопылитель, поэтому растение с генотипом AA будет давать потомков того же самого генотипа, а в потомстве растения с генотипом Aa будет наблюдаться расщепление в соотношении $1AA : 2Aa : 1aa$.

1. *Определяем количество потомков растения с генотипом AA в F_4 .* Коэффициент размножения равен 4, то есть каждое растение дает четырех потомков. Значит, в F_4 1 растение даст 256 растений ($1 \cdot 4 \cdot 4 \cdot 4 \cdot 4$) с генотипом AA .

2. Определяем количество потомков растения с генотипом **Aa** в F_4 . 4 растения с генотипом **Aa** дадут 1024 растения ($4 \cdot 4 \cdot 4 \cdot 4 \cdot 4$) с генотипами **AA**, **Aa**, **aa**.
3. Определяем соотношение генотипов потомков растений с генотипом **Aa** в F_4 . Для этого воспользуемся формулой (3):

$$\frac{2^{n+1} - 2}{2} \text{AA} : 2\text{Aa} : \frac{2^{n+1} - 2}{2} \text{aa}$$

$$\frac{2^{4+1} - 2}{2} \text{AA} : 2\text{Aa} : \frac{2^{4+1} - 2}{2} \text{aa}$$

$$\frac{2^5 - 2}{2} \text{AA} : 2\text{Aa} : \frac{2^5 - 2}{2} \text{aa}$$

$$15\text{AA} : 2\text{Aa} : 15\text{aa}$$

4. Вычисляем количество потомков растений с генотипом **Aa** в каждой генотипической группе. Всего от растения с генотипом **Aa** получено 1024 растения. Примем их за 1. Количество потомков в каждой генотипической группе: **AA** — $15/32$, **Aa** — $2/32$, или $1/16$, **aa** — $15/32$.

$$\text{AA} = \frac{1024}{32} \cdot 15 = 32 \cdot 15 = 480$$

$$\text{Aa} = \frac{1024}{32} \cdot 2 = 32 \cdot 2 = 64$$

$$\text{aa} = \frac{1024}{32} \cdot 15 = 32 \cdot 15 = 480$$

5. Подсчитываем количество потомков в каждой генотипической группе, полученных от пяти растений. Растение с генотипом **AA** дает только потомков с таким же генотипом. Поэтому изменяется количество только одного генотипического класса — **AA**:

$$480 + 256 = 736 \text{ (потомков AA от пяти растений).}$$

Таким образом, от пяти растений получено следующее потомство:

$$736\text{AA} : 64\text{Aa} : 480\text{aa}.$$

6. *Определяем соотношение генотипов в F₄.* Проводим сокращение коэффициентов в полученной формуле расщепления и получаем:

$$23AA : 2Aa : 15aa.$$

7. *Определяем соотношение фенотипов в F₄.* Растения образуют два фенотипических класса: красноцветковые (AA + Aa) и белоцветковые (aa). Таким образом, соотношение по фенотипу:

25 красноцветковых : 15 белоцветковых или, сократив,
5 красноцветковых : 3 белоцветковых.

Краткая запись решения задачи:

$1 \cdot 4 \cdot 4 \cdot 4 \cdot 4 = 256$ (потомков растения с генотипом AA);

$4 \cdot 4 \cdot 4 \cdot 4 \cdot 4 = 1024$ (потомков растений с генотипом Aa).

Соотношение генотипов потомков растений с генотипом Aa:

$$\frac{2^{n+1} - 2}{2} AA : 2Aa : \frac{2^{n+1} - 2}{2} aa$$

$$\frac{2^{4+1} - 2}{2} AA : 2Aa : \frac{2^{4+1} - 2}{2} aa$$

$$\frac{2^5 - 2}{2} AA : 2Aa : \frac{2^5 - 2}{2} aa$$

$$15AA : 2Aa : 15aa$$

Потомство растений с генотипом Aa:

$$AA = \frac{1024}{32} \cdot 15 = 32 \cdot 15 = 480$$

$$Aa = \frac{1024}{32} \cdot 2 = 32 \cdot 2 = 64$$

$$aa = \frac{1024}{32} \cdot 15 = 32 \cdot 15 = 480$$

$480 + 256 = 736$ (потомков с генотипом AA от пяти растений).

Соотношение генотипов потомков пяти растений:

$$736AA : 64Aa : 480aa;$$

$$23AA : 2Aa : 15aa.$$

Соотношение фенотипов потомков пяти растений:
25 красноцветковых : 15 белоцветковых
5 красноцветковых : 3 белоцветковых.

Ответ: соотношение генотипов — 23АА : 2Аа : 15аа;
соотношение фенотипов — 5 красноцветковых : 3 белоцветковых.

Задача 060. 20 особей группы имеет генотип аа и 40 — генотип Аа. Определить, какие частоты генотипов АА, Аа, аа установятся во втором поколении: 1) при условии панмиксии; 2) при условии самооплодотворения особей.

Дано:

Аа — 40 особей

аа — 20 особей

Частоты генотипов при панмиксии и самооплодотворении в F₂ — ?

Решение:

1. *Вычисляем общее количество генов в панмиктической популяции.* Всего популяция состоит из 60 особей (40 + 20), каждая из которых содержит две аллели гена, поэтому общее число аллелей в данной популяции — 120 (60 · 2).
2. *Вычисляем количество доминантных и рецессивных аллелей гена в данной популяции.* Гомозиготные особи содержат по две рецессивных аллели гена — 20 · 2 = 40. Каждая гетерозиготная особь содержит одну доминантную и одну рецессивную аллель гена, то есть 40А и 40а. Поэтому количество рецессивных аллелей — 40 + 40 = 80, а количество доминантных — 40.
3. *Вычисляем частоту встречаемости доминантной аллели А.* Частоту встречаемости аллели А (рА) вычисляем по формуле (6): $pA = \frac{40}{120} = 0,33$.
4. *Вычисляем частоту встречаемости рецессивной аллели а.* Частоту встречаемости рецессивной аллели можно вычислить двумя способами. Согласно закону Харди-Вайнберга: $pA + qa = 1$. Из формулы выражаем qa: $qa = 1 - pA$. $qa = 1 - 0,33 = 0,67$.

5. Определяем генетическую структуру популяции. Для этого используем формулу закона Харди-Вайнберга:

$$p^2AA + 2pqAa + q^2aa$$

$$0,33^2AA + 2 \cdot 0,33 \cdot 0,67Aa + 0,67^2aa$$

$$0,109AA + 0,442Aa + 0,449aa$$

6. Определяем количество потомков особей с генотипом **aa** в F_2 при условии самооплодотворения. Пусть коэффициент размножения равен 4. Значит, в F_2 гомозиготные особи дадут 80 потомков ($20 \cdot 4$) с генотипом **aa**.
7. Определяем количество потомков особей с генотипом **Aa** в F_2 . 40 особей с генотипом **Aa** дадут 160 потомков ($40 \cdot 4$) с генотипами **AA**, **Aa**, **aa**.
8. Определяем соотношение генотипов потомков особей с генотипом **Aa** в F_2 . Для этого воспользуемся формулой (2):

$$\frac{2^{n+1} - 2}{2} AA : 2Aa : \frac{2^{n+1} - 2}{2} aa$$

$$\frac{2^{2+1} - 2}{2} AA : 2Aa : \frac{2^{2+1} - 2}{2} aa$$

$$\frac{2^3 - 2}{2} AA : 2Aa : \frac{2^3 - 2}{2} aa$$

$$3AA : 2Aa : 3aa$$

9. Вычисляем количество потомков растений с генотипом **Aa** в каждой генотипической группе. Всего от растения с генотипом **Aa** получено 160 растений. Примем их за 1. Количество потомков в каждой генотипической группе: **AA** — $3/8$, **Aa** — $2/8$, или $1/4$, **aa** — $3/8$.

$$AA = \frac{160}{8} \cdot 3 = 20 \cdot 3 = 60$$

$$Aa = \frac{160}{8} \cdot 2 = 20 \cdot 2 = 40$$

$$aa = \frac{160}{8} \cdot 3 = 20 \cdot 3 = 60$$

10. Подсчитываем количество потомков в каждой генотипической группе, полученных от всех особей. Особь с генотипом **aa** дает только потомков с таким же геноти-

пом. Поэтому изменяется количество только одного генотипического класса — **aa**:

$$80 + 60 = 140 \text{ (потомков } \mathbf{aa} \text{ от всех особей).}$$

Таким образом, от пяти растений получено следующее потомство:

$$60\mathbf{AA} : 40\mathbf{Aa} : 140\mathbf{aa}.$$

11. *Определяем соотношение генотипов в F₂.* Проводим сокращение коэффициентов в полученной формуле расщепления и получаем:

$$3\mathbf{AA} : 2\mathbf{Aa} : 7\mathbf{aa}.$$

Краткая запись решения задачи:

При условии панмиксии:

$$40 + 20 = 60 \text{ (всего особей)}$$

$$60 \cdot 2 = 120 \text{ (всего аллелей генов)}$$

$$20 \cdot 2 = 40 \text{ (аллелей } \mathbf{a} \text{ у гомозиготной особи)}$$

$$\mathbf{aa} \rightarrow 20 \cdot 2 = 40 \text{ (аллелей } \mathbf{a})$$

$$\begin{array}{l} \lrcorner \rightarrow 40 \text{ (аллелей } \mathbf{A}) \\ \mathbf{Aa} \end{array}$$

$$\begin{array}{l} \lrcorner \rightarrow 40 \text{ (аллелей } \mathbf{a}) \\ \mathbf{Aa} \end{array}$$

$$\mathbf{A} — 40$$

$$\mathbf{a} — 40 + 40 = 80$$

$$qa = 1 - pA. qa = 1 - 0,33 = 0,67$$

$$p^2\mathbf{AA} + 2pq\mathbf{Aa} + q^2\mathbf{aa}$$

$$0,33^2\mathbf{AA} + 2 \cdot 0,33 \cdot 0,67\mathbf{Aa} + 0,67^2\mathbf{aa}$$

$$0,109\mathbf{AA} + 0,442\mathbf{Aa} + 0,449\mathbf{aa}$$

При условии самооплодотворения:

коэффициент размножения — 4.

$$20 \cdot 4 = 80 \text{ (потомков особей с генотипом } \mathbf{aa})$$

$$40 \cdot 4 = 160 \text{ (потомков растений с генотипом } \mathbf{Aa})$$

Соотношение генотипов потомков особей с генотипом **Aa**:

$$\frac{2^{n+1} - 2}{2} \mathbf{AA} : 2\mathbf{Aa} : \frac{2^{n+1} - 2}{2} \mathbf{aa}$$

$$\frac{2^{2+1} - 2}{2} AA : 2Aa : \frac{2^{2+1} - 2}{2} aa$$

$$\frac{2^3 - 2}{2} AA : 2Aa : \frac{2^3 - 2}{2} aa$$

$$3AA : 2Aa : 3aa$$

Потомство особей с генотипом Aa :

$$AA = \frac{160}{8} \cdot 3 = 20 \cdot 3 = 60$$

$$Aa = \frac{160}{8} \cdot 2 = 20 \cdot 2 = 40$$

$$aa = \frac{160}{8} \cdot 3 = 20 \cdot 3 = 60$$

$80 + 60 = 140$ (потомков с генотипом aa от всех особей)

Соотношение генотипов потомков всех особей:

$$60AA : 40Aa : 140aa$$

$$3AA : 2Aa : 7aa$$

- Ответ:** 1) соотношение генотипов при условии панмиксии:
 $0,109AA + 0,442Aa + 0,449aa$;
 2) соотношение генотипов при условии самооплодотворения: $3AA : 2Aa : 7aa$.

✦ Задачи для самостоятельного решения

Задача 341. Определите частоты генотипов в F_7 при самоопылении растения с генотипом Aa . Коэффициент размножения равен 16.

Задача 342. Красная окраска цветка у гороха доминантна по отношению к белой. Взяты: 1) 1 растение с генотипом AA и два с генотипом aa ; 2) 1 гомозиготное по доминантному признаку растение и 2 гетерозиготных; 3) 2 гомозиготных красноцветковых растения и 1 гетерозиготное растение. Определите соотношение генотипов в F_4 , если коэффициент размножения равен 8.

Задача 343. Высеяно 30 семян пшеницы: по 10 семян пшеницы краснозерной с генотипами **AA** и **Aa** и 10 семян белозерной (**aa**). Пшеница — самоопылитель. Какое будет соотношение генотипов через 10 лет?

Задача 344. Две популяции имеют следующие генотипические частоты: первая — 0,24**AA**, 0,32**Aa** и 0,44**aa**; вторая — 0,33**AA**, 0,14**Aa** и 0,53**aa**. Каково будет соотношение генотипов при условии самооплодотворения особей в пятом поколении?

Задача 345. Имеются три группы особей: 1) 60 особей с генотипом **PP** и 40 — с генотипом **pp**; 2) 50 особей **PP**, 30 — **Pp** и 20 — **pp**; 3) 30 особей **PP**, 40 — **Pp** и 30 — **pp**. Определите, какие частоты генотипов **PP**, **Pp**, **pp** установятся во втором поколении в каждой из трех групп: а) при условии панмиксии; б) при условии самооплодотворения особей.

ОТВЕТЫ И РЕШЕНИЯ

МЕНДЕЛЕВСКАЯ ГЕНЕТИКА

МОНОГИБРИДНОЕ СКРЕЩИВАНИЕ

Тестовые задания

1. б	11. в	21. а	31. г
2. а	12. б	22. а	32. а
3. б	13. а	23. в	33. б
4. б	14. г	24. в	34. в
5. б	15. а	25. в	35. г
6. б	16. б	26. в	36. а
7. в	17. а	27. в	37. а
8. в	18. в	28. а	38. а
9. а	19. б	29. г	39. г
10. в	20. а	30. а	40. г

Задачи для отработки и закрепления навыков оформления решения

1. 1) 354;	2) 354;	3) ≈ 1244 ;	4) ≈ 415 ;	5) ≈ 830 .
2. 1) 35;	2) 1;	3) ≈ 103 ;	4) ≈ 206 ;	5) 3.
3. 1) 2;	2) ≈ 295 ;	3) ≈ 590 ;	4) ≈ 295 ;	5) ≈ 885 .
4. 1) 2;	2) 1;	3) ≈ 64 ;	4) ≈ 64 ;	5) 2.
5. 1) 2;	2) 2;	3) 3;	4) ≈ 276 ;	5) ≈ 68 .
6. 1) 80;	2) 2;	3) 3;	4) ≈ 316 ;	5) ≈ 632 .
7. 1) 1;	2) 42;	3) ≈ 367 ;	4) ≈ 122 ;	5) 3.
8. 1) 1;	2) 48;	3) ≈ 123 ;	4) ≈ 368 ;	5) 2.
9. 1) 1;	2) ≈ 580 ;	3) ≈ 580 ;	4) 3;	5) ≈ 1161 .
10. 1) 2;	2) 2;	3) ≈ 82 ;	4) ≈ 82 ;	5) 2.

11. 1) 2; 2) 123; 3) ≈ 149 ; 4) 3; 5) ≈ 149 .
12. 1) 2; 2) 3; 3) 2; 4) ≈ 74 ; 5) ≈ 37 .
13. 1) 878; 2) 2; 3) 3; 4) ≈ 293 ; 5) ≈ 585 .
14. 1) 2; 2) 1; 3) 150; 4) ≈ 192 ; 5) ≈ 192 .
15. 1) 2; 2) 1; 3) 3; 4) ≈ 47 ; 5) ≈ 62 .
16. 1) 1; 2) ≈ 4 ; 3) 2; 4) ≈ 2 ; 5) ≈ 4 .

Определение генотипа и фенотипа потомков по генотипу и фенотипу родителей

17. 1) Усатые и безусые в соотношении 3:1;
2) все потомство с усами;
3) все потомство с усами;
4) все потомство безусое.
18. Дети с прямым и косым разрезом глаз в соотношении 3:1.
19. Дети с прямым и вогнутым носом в соотношении 1:1.
20. Все потомство имеет черный цвет щетины.
21. Дети будут иметь нормальную и серповидноклеточную формы эритроцитов в соотношении 3:1.
22. Все дети будут иметь нормальный слух.
23. 50% детей резус-положительных и 50% — резус-отрицательных.
24. Все потомство с черным телом.
25. Все потомство с желтыми семенами.
26. Все дети голубоглазые.
27. В первом случае $1/2$ внуков будет иметь карие глаза, а $1/2$ — голубые. Во втором — все внуки будут кареглазыми.
28. Все плоды будут многокамерными.
29. 1) В F_1 все потомство единообразное по генотипу (гетерозиготные) и фенотипу (плоды округлые);
2) в F_2 произошло расщепление: по генотипу в соотношении 1:2:1; по фенотипу — 3:1 ($3/4$ с округлыми плодами : $1/4$ с удлиненными плодами);

- 3) в потомстве от возвратного скрещивания F_1 с растением, имеющим удлиненные плоды, наблюдается расщепление по генотипу и по фенотипу в соотношении 1:1.
30. 1) Все потомство с нормальными крыльями;
 2) $1/2$ потомства с нормальными и $1/2$ — с загнутыми крыльями;
 3) все потомство с загнутыми крыльями.
31. 1) В F_1 все потомство с шаровидными плодами;
 2) в F_2 $3/4$ потомства с шаровидными плодами : $1/4$ с удлиненными плодами;
 3) от возвратного скрещивания гибрида F_2 с генотипом **AA** все потомство с шаровидными плодами, с генотипом **Aa** — $1/2$ с шаровидными и $1/2$ с удлиненными, с генотипом **aa** — с удлиненными плодами.
32. $1(\text{AA}) : 2(\text{Aa}) : 1(\text{aa})$.
33. $1(\text{Aa}) : 1(\text{aa})$.
34. 75%, или $3/4$.
35. $2/3$.

Определение генотипа и фенотипа родителей по генотипу и фенотипу потомков или расщеплению в потомстве

36. Генотип матери **ss**, отца — **Ss**.
37. Генотипы родителей — **Bb**.
38. Генотип быка — **AA**.
39. Генотип быка — **Aa**.
40. Генотип самца — **LL**.
41. Генотип матери — **Aa**.
42. 75% жесткошерстных и 25% мягкошерстных щенков.
43. $1/2$ с желтой и $1/2$ с зеленой окраской семян.
44. $3/4$ с черной окраской семян и $1/4$ с белой.
45. 1) Наиболее вероятный генотип отца — **KK**, матери — **kk**, сыновей — **Kk**, жены первого сына **kk**, их ребен-

- ка — **kk**. Жена второго сына может иметь как генотип **KK**, так и **Kk**.
- 2) Если генотип жены второго сына **KK**, то все их дети будут иметь карие глаза, если же генотип **Kk**, то дети могут иметь и карие, и голубые глаза в соотношении 3:1.
46. 1) $1/2$ шестипалых и $1/2$ пятипалых детей.
 2) Если мужчина гомозиготный, то все дети будут шестипалыми, если же гетерозиготный, то $3/4$ детей — шестипалые и $1/4$ — пятипалые.
47. 1) ♀ — **Aa**; ♂ — **aa**.
 2) ♀ — **Aa**; ♂ — **Aa**.
 3) ♀ — **aa**; ♂ — **aa**.
 4) ♀ — **AA**; ♂ — **aa**.
 5) ♀ — **AA**; ♂ — **AA**, или ♀ — **Aa**; ♂ — **AA**, или ♀ — **AA**; ♂ — **Aa**.
48. 1) ♀ — **BB**; ♂ — **bb**.
 2) ♀ — **Bb**; ♂ — **bb**.
 3) ♀ — **bb**; ♂ — **bb**.
49. 1) ♀ — **Aa**; ♂ — **aa**.
 2) ♀ — **Aa**; ♂ — **Aa**.
50. ♀ — **Bb**; ♂ — **Bb**.
51. ♀ — **Pp**; ♂ — **Pp**, раннеспелые.
52. Генотип кролика-самца — **bb**; пяти крольчих — **BB**; их потомков — **Bb**; шестой крольчихи — **Bb**; ее потомков — **Bb** (серых) и **bb** (черных).
53. Генотип кролика-самца — **Bb**, фенотип — нормальная длина шерсти.
54. Генотип самки — **Bb**; самца — **bb**; черных щенков — **Bb**; коричневых щенков — **bb**.
55. Генотип хряка — **Mm**.

Определение доминантности или рецессивности признака

56. 1) Доминантный признак — круглые плоды;
 2) если доминантный признак обозначить буквой **A**, то генотип потомства — **Aa**.

57. 1) Доминантный признак — смуглый цвет кожи;
2) у отца смуглая кожа.
58. 1) Доминантный признак — устойчивость к корневой гнили;
2) если доминантный признак обозначить буквой **A**, то генотип скрещиваемых особей — ♀ **AA** и ♂ **aa**.
59. 1) Доминантный признак — красная окраска венчика;
2) фенотипы F_2 — 1/2 красноцветковых, 1/2 белоцветковых.
60. 1) Доминантный признак — плоская форма венчика;
2) если доминантный признак обозначить буквой **A**, то генотип родительских особей ♀ **AA** и ♂ **aa**; генотип F_1 — **Aa**;
3) формула расщепления F_2 по генотипу — 1:2:1, по фенотипу — 3:1.
61. 1) Доминантный признак — остистость колоса;
2) формула расщепления по генотипу — 1:1.
62. 1) Доминантный признак — нормальные крылья;
2) если доминантный признак обозначить буквой **A**, то генотип родительских особей **Aa**; генотипы F_1 — 1(**AA**):2(**Aa**):1(**aa**).
63. 1) Доминантный признак — коричневая окраска меха;
2) если доминантный признак обозначить буквой **A**, то родительские особи коричневые с генотипом **Aa**; F_1 — 1/4 коричневых с генотипом **AA**, 1/2 коричневых с генотипом **Aa**, 1/4 голубовато-серых с генотипом **aa**.
64. Опушенность — рецессивный признак.
65. 1) Доминантный признак — коричневая окраска меха;
2) примерно 31 особь гомозиготна.
66. 1) Доминантный признак — пегая окраска меха;
2) примерно 8 пегих крольчат гомозиготны.
67. 1) Доминантный признак — темный цвет волос;
2) если доминантный признак обозначить буквой **A**, то генотип женщины — **aa**, ее родителей — **Aa**, мужчины (наиболее вероятно) — **AA**, его родителей — **Aa**, его сестры — **aa**, его детей (наиболее вероятно) — **Aa**.

Определение вероятности появления потомства с заданным признаком

68. 1) Вероятность рождения пятипалого ребенка 50%;
2) вероятность рождения шестипалого ребенка 50%.
69. Если гладкосеменной гибрид F_2 гомозиготен, то вероятность появления гладкосеменных растений в F_a — 100%, если гетерозиготен — 50%.
70. Вероятность появления растений с закрытыми цветками, полученных в результате возвратного скрещивания гибридов F_1 с родительской формой, имеющей открытые цветки — 0, с родительской формой, имеющей закрытые цветки — 50%.
71. Вероятность появления гомозиготных растений гречи с неограниченным ростом в F_2 — 25%.
72. Вероятность получения растений с нерастрескивающимися плодами от возвратного скрещивания гибридов F_2 с растением из F_1 , имеющим растрескивающиеся плоды, во всех случаях равна нулю.
73. Вероятность получения ягнят бурого цвета от возвратного скрещивания черной овцематки F_1 — 50%.
74. Вероятность того, что семена и пыльцевые зерна полученных гибридов будут окрашиваться в синий цвет — 100%.
75. Вероятность развития заболевания у детей — 25%.
76. Вероятность рождения детей с нормальным слухом — 0.
77. Вероятность получения белосеменных растений от возвратного скрещивания растения F_1 , имеющего белые семена — 50%.
78. Количество комолых телят в $F_2 \approx 71$.
79. Из 1780 с шаровидными плодами ≈ 1187 были гетерозиготными.
80. В $F_2 \approx 135$ мышей будет давать нерасщепляющееся потомство.

Наследование летальных и сублетальных генов

81. 1) 2; 2) ≈ 223 ; 3) ≈ 223 ; 4) ≈ 61 ; 5) 122.
82. 1) 2; 2) ≈ 49 ; 3) ≈ 24 ; 4) ≈ 24 ; 5) ≈ 24 .
83. 1) 2; 2) ≈ 11 ; 3) ≈ 22 ; 4) ≈ 22 ; 5) 2.
84. 1) 2; 2) ≈ 23 ; 3) 2; 4) ≈ 23 ; 5) ≈ 46 .
85. Чисто-белые щенки имеют генотип **РР**.
86. 1) 1/2 серых, 1/2 желтых;
2) 2/3 желтых, 1/3 серых;
3) более многочисленным будет потомство от первого скрещивания, так как при втором скрещивании часть потомства погибает на эмбриональной стадии развития.
87. 1/2 хохлатых, 1/2 нормальных.
88. Если доминантный ген обозначить **A**, рецессивный **a**, то генотип самца и первой самки — **Aa**, их потомство имеет генотип **AA** и **Aa**, щенки с генотипом **aa** погибают; вторая самка имеет генотип **AA**, а ее потомки **AA** и **Aa**, поэтому гибели щенков не наблюдается. Если же скрестить между собой двух дог с генотипом **Aa**, то вновь наблюдается гибель щенков, так как происходит выщепление гомозигот **aa**.

ДИГИБРИДНОЕ СКРЕЩИВАНИЕ

Тестовые задания

1. г	11. б	21. б	31. в
2. б	12. б	22. а	32. г
3. б	13. б	23. в	33. а
4. а	14. в	24. б	34. а
5. а	15. в	25. в	35. а
6. б	16. в	26. а	36. г
7. б	17. б	27. б	37. б
8. б	18. в	28. б	38. г
9. а	19. б	29. б	39. в
10. б	20. а	30. г	40. б

Задачи для отработки и закрепления навыков

89. 1) 1; 2) 126; 3) ≈ 431 ; 4) ≈ 323 ; 5) ≈ 323 .
90. 1) 1; 2) ≈ 214 ; 3) 4; 4) 9; 5) ≈ 641 .
91. 1) 4; 2) 1; 3) ≈ 247 ; 4) ≈ 123 ; 5) 4.
92. 1) 1; 2) 9; 3) ≈ 73 ; 4) ≈ 881 ; 5) ≈ 220 .
93. 1) 145; 2) 4; 3) 9; 4) ≈ 412 ; 5) ≈ 550 .
94. 1) 122; 2) 4; 3) 4; 4) ≈ 930 ; 5) ≈ 78 .
95. 1) 1; 2) 120; 3) 4; 4) ≈ 242 ; 5) ≈ 60 .
96. 1) 116; 2) 1; 3) ≈ 69 ; 4) 4; 5) ≈ 208 .
97. 1) 0; 2) 0; 3) ≈ 169 ; 4) ≈ 127 ; 5) ≈ 169 .
98. 1) 1; 2) 0; 3) ≈ 61 ; 4) ≈ 152 ; 5) 9.
99. 1) 4; 2) 116; 3) ≈ 739 ; 4) 4; 5) ≈ 831 .
100. 1) 4; 2) 120; 3) ≈ 195 ; 4) 4; 5) ≈ 146 .

Определение генотипа и фенотипа потомков по генотипу и фенотипу родителей

101. 1) Растения с желтыми морщинистыми и зелеными морщинистыми семенами в соотношении 1:1;
2) растения с желтыми гладкими и зелеными гладкими семенами в соотношении 3:1;
3) растения с желтыми гладкими и зелеными гладкими семенами в соотношении 1:1;
4) все потомство единообразное — с желтыми морщинистыми семенами;
5) растения с желтыми гладкими и зелеными морщинистыми семенами в соотношении 3:1;
6) растения с желтыми гладкими и желтыми морщинистыми семенами в соотношении 3:1.
102. 1) Потомство единообразное — безостые красноколосые;
2) растения безостые красноколосые, безостые белоколосые, остистые красноколосые и остистые белоколосые в соотношении 3:3:1:1;
3) растения безостые красноколосые и безостые белоколосые в соотношении 1:1;

- 4) растения безостые красноколосые, безостые белоколосые, остистые красноколосые и остистые белоколосые в соотношении 1:1:1:1;
 - 5) растения безостые красноколосые и остистые красноколосые в соотношении 3:1;
 - 6) растения безостые красноколосые, безостые белоколосые, остистые красноколосые и остистые белоколосые в соотношении 9:3:3:1.
103. 1) Розеточные черные, розеточные белые, гладкие черные и гладкие белые в соотношении 1:1:1:1;
- 2) розеточные белые и гладкие черные в соотношении 3:1;
 - 3) потомство единообразное — розеточные черные;
 - 4) розеточные черные, розеточные белые, гладкие черные и гладкие белые в соотношении 1:1:1:1;
 - 5) потомство единообразное — гладкие белые;
 - 6) потомство единообразное — розеточные черные.
104. 1) P — ♀ серое тело, нормальные крылья, ♂ серое тело, зачаточные крылья; F₁ — единообразное с серым телом, зачаточными крыльями;
- 2) P — ♀ серое тело, нормальные крылья, ♂ серое тело, нормальные крылья; F₁ — 3 с серым телом, нормальными крыльями : 1 с черным телом, нормальными крыльями;
 - 3) P — ♀ серое тело, нормальные крылья, ♂ черное тело, зачаточные крылья; F₁ — 1 с серым телом, нормальными крыльями : 1 с серым телом, зачаточными крыльями : 1 с черным телом, нормальными крыльями : 1 с черным телом, зачаточными крыльями;
 - 4) P — черное тело, нормальные крылья; F₁ — 3 с черным телом, нормальными крыльями : 1 с черным телом, зачаточными крыльями.
105. 3 розеточных белых : 1 гладкий белый.
106. Растения высокие с красным венчиком, карликовые с красным венчиком, высокие с белым венчиком и карликовые с белым венчиком в соотношении 1:1:1:1.

107. Обозначим доминантные и рецессивные аллели генов: **A** — шаровидная форма плода, **a** — грушевидная форма, **B** — красная окраска, **b** — желтая окраска плодов. Генотипы F_1 — **aaBB**, **aaBb**, **aabb** в соотношении 1:2:1; фенотипы — растения с красными грушевидными плодами и желтыми грушевидными в соотношении 3:1.
108. Обозначим доминантные и рецессивные аллели генов: **A** — развитие хлорофилла, **a** — альбинизм, **B** — пленчатость семян, **b** — голозерность. Генотипы F_1 — **AABB**, **AABb**, **AaBb**, **Aabb** в соотношении 1:1:1:1; фенотипы — зеленые растения с пленчатыми семенами и зеленые голозерные в соотношении 3:1.
109. Обозначим доминантные и рецессивные аллели генов: **A** — жесткие волосы, **a** — мягкие волосы, **B** — наличие веснушек, **b** — отсутствие веснушек.
- Если генотип отца **AAbb**, то дети будут иметь жесткие волосы, но $1/2$ детей с веснушками и $1/2$ без веснушек;
 - если генотип отца **Aabb**, то дети с жесткими волосами и веснушками, жесткими волосами и без веснушек, с мягкими волосами и веснушками, мягкими волосами и без веснушек в соотношении 1:1:1:1.
110. а) Если генотип матери **AAbb**, а отца **aaBB**, то все дети будут иметь плоские голубовато-белые ногти;
- если генотип матери **Aabb**, а отца **aaBB**, то $1/2$ детей будут иметь плоские голубовато-белые ногти, а $1/2$ — нормальные голубовато-белые;
 - если генотип матери **AAbb**, а отца **aaBb**, то $1/2$ детей будут иметь плоские голубовато-белые ногти, а $1/2$ — плоские обычные;
 - если генотип матери **Aabb**, а отца **aaBb**, то дети будут иметь плоские голубовато-белые ногти, плоские обычные, нормальные голубовато-белые и нормальные обычные в соотношении 1:1:1:1.
111. Дети могут иметь нос с широкими ноздрями и высокой переносицей, узкими ноздрями и высокой переносицей, широкими ноздрями и низкой широкой переносицей,

узкими ноздрями и низкой широкой переносицей в соотношении 1:1:1:1.

112. Дети могут иметь длинный широкой подбородок, длинный узкий острый подбородок, короткий широкий подбородок, короткий узкий острый подбородок в соотношении 1:1:1:1.
113. 1) Генотип F_1 — $AaBb$, фенотип — растения с белыми дисковидными плодами;
- 2) генотипы F_2 — $AABB$: $aabb$ в соотношении 1:2:1:2:4:2:1:2:1; фенотипы — растения с белыми дисковидными, белыми шаровидными, желтыми дисковидными и желтыми шаровидными плодами в соотношении 9:3:3:1;
- 3) генотипы потомства от возвратного скрещивания гибридов F_1 с материнским растением — $AaBB$, $AABb$, $AaBb$, $Aabb$ в соотношении 1:1:1:1; фенотипы — растения с белыми дисковидными плодами и белыми шаровидными в соотношении 1:1;
- 4) генотипы потомства от возвратного скрещивания гибридов F_1 с отцовским растением — $AaBB$, $AaBb$, $aaBB$, $aaBb$ в соотношении 1:1:1:1; фенотипы — растения с белыми дисковидными плодами и желтыми дисковидными в соотношении 1:1.
114. Обозначим доминантные и рецессивные аллели генов: **A** — нормальный рост, **a** — гигантизм, **B** — раннеспелость, **b** — позднеспелость.
- а) Если генотип отцовского растения $AaBB$, то в потомстве растения нормального роста раннеспелые и гигантские позднеспелые в соотношении 3:1;
- б) если генотип отцовского растения $Aabb$, то в потомстве растения нормального роста раннеспелые, нормального роста позднеспелые, гигантские раннеспелые и гигантские позднеспелые в соотношении 1:1:1:1.
115. 1) Потомство единообразное — растения с пурпурными цветками и колючими коробочками;

- 2) потомство единообразное — растения с пурпурными цветками и гладкими коробочками;
- 3) в потомстве растения с пурпурными цветками и колючими коробочками, пурпурными цветками и гладкими коробочками, белыми цветками и колючими коробочками и белыми цветками и гладкими коробочками в соотношении 3:3:1:1.

116. 1) Генотипы F_1 — **RrHh, Rrhh, rrHh, rrhh** в соотношении 1:1:1:1, фенотипы — высокорослые растения с красными плодами, высокорослые с желтыми, карликовые с красными и карликовые с желтыми в соотношении 1:1:1:1;

2) а) генотипы потомства от анализирующего скрещивания гибрида F_1 с генотипом **RrHh** — **RrHh, Rrhh, rrHh, rrhh** в соотношении 1:1:1:1, фенотипы — высокорослые растения с красными плодами, высокорослые с желтыми, карликовые с красными и карликовые с желтыми в соотношении 1:1:1:1;

б) генотипы потомства от анализирующего скрещивания гибрида F_1 с генотипом **Rrhh** — **Rrhh, rrhh** в соотношении 1:1, фенотипы — растения нормального роста с красными и карликовые с желтыми плодами в соотношении 1:1;

в) генотипы потомства от анализирующего скрещивания гибрида F_1 с генотипом **rrHh** — **rrHh, rrhh** в соотношении 1:1, фенотипы — карликовые растения с красными и карликовые с желтыми плодами в соотношении 1:1;

г) генотип потомства от анализирующего скрещивания гибрида F_1 с генотипом **rrhh** — **rrhh**, фенотип — карликовые растения с желтыми плодами.

117. Обозначим доминантные и рецессивные аллели генов: **A** — устойчивость к мучнистой росе, **a** — восприимчивость, **B** — устойчивость к фузариозной желтухе, **b** — восприимчивость.

1) Генотипы F_1 — **AaBb, Aabb, aaBb, aabb** в соотношении 1:1:1:1, фенотипы — 1/4 растений, устойчивых к мучнистой росе и фузариозной желтухе, 1/4 —

устойчивых к мучнистой росе и восприимчивых к фузариозной желтухе, $1/4$ — восприимчивых к мучнистой росе и устойчивых к фузариозной желтухе и $1/4$ — восприимчивых к мучнистой росе и к фузариозной желтухе;

2) а) генотипы потомства от анализирующего скрещивания гибрида F_1 с генотипом **AaBb** — **AaBb**, **Aabb**, **aaBb**, **aabb** в соотношении $1:1:1:1$, фенотипы — $1/4$ растений, устойчивых к мучнистой росе и фузариозной желтухе, $1/4$ — устойчивых к мучнистой росе и восприимчивых к фузариозной желтухе, $1/4$ — восприимчивых к мучнистой росе и устойчивых к фузариозной желтухе и $1/4$ — восприимчивых к мучнистой росе и к фузариозной желтухе;

б) генотипы потомства от анализирующего скрещивания гибрида F_1 с генотипом **Aabb** — **Aabb**, **aabb** в соотношении $1:1$, фенотипы — растения, восприимчивые к фузариозной желтухе, но половина устойчива к мучнистой росе, а другая половина восприимчива к ней;

в) генотипы потомства от анализирующего скрещивания гибрида F_1 с генотипом **aaBb** — **aaBb**, **aabb** в соотношении $1:1$, фенотипы — растения, восприимчивые к мучнистой росе, но половина устойчива к фузариозной желтухе, а другая половина восприимчива к ней;

г) генотип потомства от анализирующего скрещивания гибрида F_1 с генотипом **aabb** — **aabb**, фенотип — растения, восприимчивые к мучнистой росе и к фузариозной желтухе.

118. Обозначим доминантные и рецессивные аллели генов: **A** — карий цвет глаз, **a** — голубой цвет, **B** — праворукость, **b** — леворукость.

1) Потомство от брака — кареглазые правши;

2) а) внуки от сына — кареглазые правши, кареглазые левши, голубоглазые правши, голубоглазые левши в соотношении $1:1:1:1$;

б) внуки от дочери — кареглазые правши.

Определение генотипа и фенотипа родителей по генотипу и фенотипу потомков или расщеплению в потомстве

119. Обозначим доминантные и рецессивные аллели генов: **A** — длинные уши, **a** — короткие уши, **B** — свободная мочка уха, **b** — приросшая мочка уха. Генотипы P: ♀ **aaBb**, ♂ **Aabb**. Генотипы F₁: ♀ **AaBb**, ♂ **aabb**.
120. Обозначим доминантные и рецессивные аллели генов: **A** — курчавые волосы, **a** — прямые, **B** — наличие белой пряди надо лбом, **b** — отсутствие белой пряди. Дети от брака: курчавые с белой прядью надо лбом и прямоволосые без белой пряди в соотношении 1:1.
121. Обозначим доминантные и рецессивные аллели генов: **A** — серое тело, **a** — черное тело, **B** — нормальные крылья, **b** — зачаточные крылья. Скрещиваемые мухи могут иметь следующие варианты генотипов: обе мухи гомозиготны (**AABB**), тогда генотип потомства — **AABB**; одна муха гомозиготна (**AABB**), другая дигетерозиготна (**AaBb**) или одна муха гомозиготна по первому признаку, но гетерозиготна по второму (**AABb**), а другая — гетерозиготна по первому, но гомозиготна по второму признаку (**AaBB**), тогда генотип потомства: **AABB**, **AABb**, **AaBB**, **AaBb** в соотношении 1:1:1:1.
122. Генотипы P: ♀ **Aabb**, ♂ **aaBB**.
123. 1) Генотипы P: ♀ **aaBb**, ♂ **Aabb**;
2) от анализирующего скрещивания гибридов с желтыми гладкими семенами можно ожидать следующее потомство: растения с желтыми гладкими семенами, зелеными гладкими, желтыми морщинистыми и зелеными морщинистыми в соотношении 1:1:1:1.
124. 1) Генотипы P: ♀ **WwSs**, ♂ **WwSs**;
2) а) потомство, полученное в результате самоопыления растений с генотипом **WWSS**, имеет белые дисковидные плоды;
б) потомство, полученное в результате самоопыления растений с генотипом **WWSs**, имеет белые дис-

ковидные и белые сферические плоды в соотношении 3:1;

в) потомство, полученное в результате самоопыления растений с генотипом **WwSS**, имеет белые дисковидные и желтые дисковидные плоды в соотношении 3:1;

г) потомство, полученное в результате самоопыления растений с генотипом **WwSs**, имеет белые дисковидные, белые сферические, желтые дисковидные и желтые сферические плоды в соотношении 9:3:3:1;

д) потомство, полученное в результате самоопыления растений с генотипом **WWss**, имеет белые сферические плоды;

е) потомство, полученное в результате самоопыления растений с генотипом **Wwss**, имеет белые сферические и желтые сферические плоды в соотношении 3:1;

ж) потомство, полученное в результате самоопыления растений с генотипом **wwSS**, имеет желтые дисковидные плоды;

з) потомство, полученное в результате самоопыления растений с генотипом **wwSs**, имеет желтые дисковидные и желтые сферические плоды в соотношении 3:1;

и) потомство, полученное в результате самоопыления растений с генотипом **wwss**, имеет желтые сферические плоды.

125. Обозначим доминантные и рецессивные аллели генов:

A — раннеспелость, **a** — позднеспелость, **B** — нормальный рост, **b** — гигантизм.

1) Генотипы P: ♀ **AaBb**, ♂ **aabb**;

2) а) генотипы потомков от возвратного скрещивания позднеспелых нормального роста растений F_1 с материнским растением — **AaBB**, **AaBb**, **aaBb**, **aabb** в соотношении 1:1:1:1;

б) генотипы потомков от возвратного скрещивания позднеспелых нормального роста растений F_1 с отцовским растением — **aaBb**, **aabb** в соотношении 1:1.

126. Генотипы потомков, полученные от скрещивания между собой гибридных растений F_1 — **PpSs**, **Ppss** в соотношении 1:1; фенотипы потомков — пурпурноцветковые растения с колючими коробочками и пурпурноцветковые с гладкими коробочками в соотношении 1:1.
127. Генотипы потомков от скрещивания безостых белокосых и остистых краснокосых растений из F_1 между собой — **AaBb**, **Aabb**, **aaBb**, **aabb** в соотношении 1:1:1:1.
128. Генотипы P: ♀ **bbVv**, ♂ **bbVv**.
129. Генотипы P: ♀ **bbVv**, ♂ **bbvv**, генотипы F_1 : **bbVv**, **bbvv** в соотношении 1:1.
130. 1) Генотипы P: ♀ **Eecc**, ♂ **eeCC**;
 2) генотипы P: **EeCc**;
 3) а) формула расщепления F_2 по генотипу — 1(**EECC**) : 2(**EECc**) : 1(**EeCc**) : 2(**EeCC**) : 4(**EeCc**) : 2(**Eecc**) : 1(**eeCC**) : 2(**eeCc**) : 1(**eecc**);
 б) формула расщепления F_2 по фенотипу — 9 черных хохлатых : 3 черных без хохла : 3 бурых хохлатых : 1 бурый без хохла;
 в) от возвратного скрещивания гибридов F_1 с материнской формой можно ожидать черное хохлатое и черное без хохла потомство в соотношении 1:1 (генотипы **EECc**, **EeCc**, **EeCc**, **Eecc** в соотношении 1:1:1:1);
 г) от возвратного скрещивания гибридов F_1 с отцовской формой можно ожидать черное хохлатое и бурое хохлатое потомство в соотношении 1:1 (генотипы **EeCC**, **EeCc**, **eeCC**, **eeCc** в соотношении 1:1:1:1).
131. Генотипы P: ♀ **Ccdd**, ♂ **CcDd**.
132. От данной пары свинок можно ожидать розеточное черное, розеточное белое, гладкое черное и гладкое белое потомство в соотношении 9:3:3:1.
133. Возможны следующие варианты сочетания генотипов родителей:

- а) оба — **BBSS**;
- б) один — **BBSS**, другой — **BBSs**;
- в) один — **BBSS**, другой — **BbSS**;
- г) один — **BBSS**, другой — **BbSs**;
- д) один — **BbSS**, другой — **BBSs**.

134. Генотипы P: ♀ **Aabb**, ♂ **aaBb**. Генотипы F₁: **AaBb**, **Aabb**, **aaBb**, **aabb** в соотношении 1:1:1:1.

135. Обозначим доминантные и рецессивные аллели генов: **A** — волнистые волосы, **a** — прямые волосы, **B** — нормальная пигментация, **b** — альбинизм. Возможные генотипы и фенотипы P:

- а) один — **aabb** (альбинос с прямыми волосами), другой — **AaBb** (волнистые волосы и нормальная пигментация);
- б) один — **aaBb** (прямые волосы и нормальная пигментация), другой — **Aabb** (альбинос с волнистыми волосами).

Определение доминантности или рецессивности признака

136. 1) Доминантные признаки — белая окраска и дисковидная форма плодов, рецессивные — желтая окраска и шаровидная форма плодов;

2) формула расщепления потомства F₁ по генотипу — **1(AABB) : 2(AABb) : 1(Aabb) : 2(AaBB) : 4(AaBb) : 2(Aabb) : 1(aaBB) : 2(aaBb) : 1(aabb)**.

137. 1) Доминантные признаки — полосатая окраска и круглая форма плодов, рецессивные — зеленая окраска и длинная форма плодов;

2) а) генотипы потомков от анализирующего скрещивания гибридов F₁ — **AaBb**, **Aabb**, **aaBb**, **aabb** в соотношении 1:1:1:1;

б) фенотипы потомков от анализирующего скрещивания гибридов F₁ — растения с круглыми полосатыми, круглыми длинными, зелеными полосатыми и зелеными длинными плодами в соотношении 1:1:1:1.

138. 1) Доминантные признаки — белая окраска и плоская форма венчика, рецессивные — кремовая окраска и воронковидная форма венчика;
 2) скрещивание гибрида F_1 проводили с растением, имеющим кремовые воронковидные венчики (генотип **aabb**).
139. 1) Доминантные признаки — полосатая окраска гусениц и желтая окраска коконов, рецессивные — зеленая окраска гусениц и белая окраска коконов;
 2) от скрещивания гибридов F_1 с бабочками, одноцветные гусеницы которых плетут желтые коконы, можно ожидать потомство, полосатые гусеницы которого плетут желтые коконы, и потомство, одноцветные гусеницы которого плетут желтые коконы, в соотношении 1:1 (генотипы **AaBB**, **AaBb**, **aaBB**, **aaBb** в соотношении 1:1:1:1).
140. ≈ 12 поросят могут быть рыжими однопалыми.

Определение вероятности появления потомства с заданными признаками

141. Вероятность рождения черных короткошерстных щенков от скрещивания двух особей, гетерозиготных по обоим признакам — $9/16$.
142. Вероятность рождения здоровых детей в семье, если родители дигетерозиготны — $9/16$.
143. Вероятность рождения здоровых детей в семье, где один из родителей страдает катарактой и глухонемой, а второй супруг гетерозиготен по этим признакам — $1/4$.
144. Вероятность рождения детей с двумя аномалиями в семье, где один из родителей страдает катарактой и глухонемой, а второй супруг здоров, но гетерозиготен по гену катаракты — 0.
145. Вероятность появления ребенка альбиноса с вьющимися волосами, если у отца и матери — вьющиеся волосы и нормальная пигментация, но они гетерозиготны по этим признакам — $3/16$.

146. Вероятность появления остистых белоколых растений от скрещивания гибридов F_1 между собой — $1/8$.
147. Вероятность появления мух с таким же фенотипом от скрещивания полученных гибридов между собой — $1/4$.
148. Во втором поколении будет $1/16$ бурых цыплят без хохла.
149. Генотип быка **AaBB**, генотип двух коров, дающих комолое потомство — **AAbb**, генотип коровы, дающей как комолое, так и рогатое потомство — **Aabb**.
150. а) Если генотип отца **AABB**, то вероятность рождения голубоглазого близорукого ребенка — 0;
 б) если генотип отца **AaBB**, то вероятность рождения голубоглазого близорукого ребенка — 0;
 в) если генотип отца **AABb**, то вероятность рождения голубоглазого близорукого ребенка — 0;
 г) если генотип отца **AaBb**, то вероятность рождения голубоглазого близорукого ребенка — $1/4$.
151. Вероятность рождения слепого ребенка:
 1) 100%; 2) 0%; 3) 43,75%; 4) 25%.
152. Вероятность рождения здорового ребенка $1/8$.
153. Вероятность рождения зрячего ребенка $1/4$.
154. Вероятность рождения ребенка с длинным черепом и без щели между резцами $1/8$.

Наследование летальных и сублетальных генов

155. 1) 4; 2) 2; 3) ≈ 25 ; 4) 0; 5) ≈ 225 .
156. 1) Доминантный ген типа телосложения в гомозиготном состоянии вызывает гибель организмов;
 2) от скрещивания дигетерозиготного комолого быка с такой же коровой можно ожидать следующее потомство: комолое рыхлого телосложения, рогатое рыхлого телосложения, комолое нормального телосложения и рогатое нормального телосложения в соотношении 6:2:3:1.

157. 1) $1/6$ черных с нормальными хвостами, $1/3$ черных с укороченными хвостами, $1/6$ коричневых с нормальными хвостами и $1/3$ коричневых с укороченными хвостами;
- 2) $1/3$ черных с нормальными хвостами и $2/3$ черных с укороченными хвостами;
- 3) а) если генотип ♀ **AaBb**, то в F_1 $1/6$ черных с нормальными хвостами, $1/3$ черных с укороченными хвостами, $1/6$ коричневых с нормальными хвостами и $1/3$ коричневых с укороченными хвостами;
- б) если генотип ♀ **AABb**, то в F_1 $1/3$ черных с нормальными хвостами и $2/3$ черных с укороченными хвостами : $1/3$ коричневых с укороченными хвостами.
158. $2/9$ желтых с нормальными хвостами, $4/9$ желтых с укороченными хвостами, $1/9$ черных с нормальными хвостами и $2/9$ черных с укороченными хвостами.
159. 1) Доминантный ген в гомозиготном состоянии вызывает гибель организмов;
- 2) от скрещивания овец, имеющих генотип ♀ **AaBb**, ♂ **aabb**, можно получить серое рогатое, серое комолое, черное рогатое и черное комолое потомство в соотношении $1:1:1:1$ (генотипы **AaBb**, **Aabb**, **aaBb**, **aabb** в соотношении $1:1:1:1$);
- 3) от скрещивания двух дигетерозиготных овец можно получить рогатое серое, рогатое черное, комолое серое и комолое черное потомство в соотношении $6:3:2:1$ (генотипы $2AABb : 1Aabb : 4AaBb : 2Aabb : 2aaBb : 1aabb$).
160. Вероятность рождения здорового голубоглазого ребенка от брака двух дигетерозиготных родителей $1/4$.

ПОЛИГИБРИДНОЕ СКРЕЩИВАНИЕ

161. 1) Красные шаровидные с гладкой кожицей;
- 2) белые шаровидные с гладкой кожицей;
- 3) белые грушевидные с гладкой кожицей;

- 4) красные грушевидные с опушенной кожицей;
 5) красные шаровидные с гладкой кожицей;
 6) белые грушевидные с опушенной кожицей.

162. 1) $AaBbCc$; 3) $aaBBCC$; 5) $AabbCc$.
 2) $AaBbcc$; 4) $aaBBCC$;

163. 1) 4; 2) 8; 3) 2; 4) 2; 5) 1; 6) 2; 7) 4; 8) 8.

164. Генотип ♀ $BBcCDD$.

165. Генотип P: $BbCCDd$.

166. Генотип ♀ $BBcCdd$.

167. Генотипы P: ♀ $AAbbCc$, ♂ $aabbcc$. Генотипы F_1 : $AabbCc$ и $Aabbcc$ в соотношении 1:1.

СЦЕПЛЕННОЕ НАСЛЕДОВАНИЕ

Тестовые задания

1. б	6. в	11. г	16. в
2. б	7. в	12. г	17. в
3. г	8. б	13. б	18. а
4. г	9. в	14. а	19. б
5. в	10. в	15. в	20. а

Наследование сцепленных признаков

168. 1) 116; 2) ≈ 46 ; 3) ≈ 362 ; 4) 4; 5) ≈ 362 .

169. 1) ≈ 364 ; 2) $\approx 45,5\%$; 3) $\approx 4,5\%$; 4) ≈ 364 ; 5) 4.

170. 1) 0; 2) ≈ 28 ; 3) $\approx 42\%$; 4) $\approx 42\%$; 5) $\approx 8\%$.

171. 1) 120; 2) ≈ 16 ; 3) 48%; 4) ≈ 384 ; 5) 2%.

172. 1) 1; 2) ≈ 459 ; 3) 4,1%; 4) 45,9%; 5) ≈ 918 .

173. В F_1 48,2% растений с окрашенным эндоспермом и гладким алейроном, 48,2% растений с неокрашенным эндоспермом и морщинистым алейроном, 1,8% растений с окрашенным эндоспермом и морщинистым алейроном, 1,8% растений с неокрашенным эндоспермом и гладким алейроном.

174. 1) К одной группе сцепления относятся гены **B** и **C**;
- 2) а) растения с желтыми семенами и усиками, с зелеными семенами и усиками, с желтыми семенами и без усиков и с зелеными семенами и без усиков в соотношении 3:3:1:1;
- б) растения с морщинистыми семенами и усиками, с гладкими семенами и усиками, с морщинистыми семенами и без усиков и с гладкими семенами и без усиков в соотношении 1:1:1:1;
- в) растения с желтыми гладкими семенами и усиками, с зелеными гладкими семенами и усиками, с желтыми морщинистыми семенами и усиками, с зелеными морщинистыми семенами и усиками, с желтыми морщинистыми семенами и без усиков, с зелеными морщинистыми семенами и без усиков в соотношении 2:2:1:1:1:1.
175. 1) От брака мужчины, больного эллиптоцитозом и катарактой, и здоровой дигетерозиготной женщины при условии, что кроссинговер отсутствует, можно ожидать здоровых детей и детей с катарактой и эллиптоцитозом в соотношении 1:1.
- 2) От брака мужчины, больного эллиптоцитозом и катарактой, и здоровой дигетерозиготной женщины при условии, что кроссинговер имеет место, можно ожидать здоровых детей, детей с катарактой и эллиптоцитозом, детей с катарактой и эллиптоцитозом в соотношении 1:1:1:1.
176. 1) Доминантные признаки — нормальные крылья (**A**) и нормальные ноги (**B**), рецессивные — короткие крылья (**a**) и короткие ноги (**b**).
- 2) От возвратного скрещивания гибридов F_1 с материнской особью при условии, что кроссинговер отсутствует, можно ожидать потомство с короткими крыльями и нормальными ногами и с нормальными крыльями и ногами в соотношении 1:1.
177. 1) Генотип F_1 : $\frac{CrD}{crD}$,
 фенотип F_1 : растения нормального роста с нормальными листьями;

2) в F_2 : 24,19% карликовых растений с нормальными листьями, 50,81% растений нормального роста с нормальными листьями, 24,19% растений нормального роста со скрученными листьями, 0,81% карликовых растений со скрученными листьями.

178. Обозначим доминантные и рецессивные аллели генов: **A** — белая пятнистость, **a** — сплошная окраска, **B** — короткая шерсть, **b** — длинная.

1) В F_1 70,25% короткошерстные с пятнистой окраской, 4,75% короткошерстные со сплошной окраской, 4,75% длинношерстные с пятнистой окраской и 20,25% длинношерстные со сплошной окраской крольчата (генотипы — 20,25% **AABB** : 4,5% **AABb** : 0,25% **Aabb** : 4,5% **AaBB** : 41% **AaBb** : 4,5% **Aabb** : 0,25% **aaBB** : 4,5% **aaBb** : 20,25% **aabb**);

2) а) в потомстве, полученном в результате анализирующего скрещивания кроликов с генотипом **AABB**, 100% короткошерстных крольчат с пятнистой окраской (**AABb**);

б) в потомстве, полученном в результате анализирующего скрещивания кроликов с генотипом **AABb**, 100% короткошерстных крольчат с пятнистой окраской (**AaBb**) и 50% длинношерстных с пятнистой окраской (**Aabb**);

в) в потомстве, полученном в результате анализирующего скрещивания кроликов с генотипом **AaBB**, 50% короткошерстных крольчат с пятнистой окраской (**AaBb**) и 50% короткошерстных со сплошной окраской (**aaBb**);

г) в потомстве, полученном в результате анализирующего скрещивания кроликов с генотипом **AaBb**, 45% крольчат короткошерстных с пятнистой окраской (**AaBb**), 45% — длинношерстных со сплошной окраской (**aabb**), 5% — короткошерстных со сплошной окраской (**aaBb**), 5% — длинношерстных с пятнистой (**Aabb**);

д) в потомстве, полученном в результате анализирующего скрещивания кроликов с генотипом **AAbb**,

- 100% длинношерстных крольчат с пятнистой окраской (**Aabb**);
- е) в потомстве, полученном в результате анализирующего скрещивания кроликов с генотипом **Aabb**, 50% длинношерстных крольчат с пятнистой окраской (**Aabb**) и 50% длинношерстных со сплошной окраской (**aabb**);
- ж) в потомстве, полученном в результате анализирующего скрещивания кроликов с генотипом **aaBB**, 100% короткошерстных крольчат со сплошной окраской (**aaBb**);
- з) в потомстве, полученном в результате анализирующего скрещивания кроликов с генотипом **aaBb**, 50% короткошерстных крольчат с пятнистой окраской (**aaBb**) и 50% длинношерстных со сплошной окраской (**aabb**);
- и) в потомстве, полученном в результате анализирующего скрещивания кроликов с генотипом **aabb**, 100% длинношерстных со сплошной окраской (**aabb**);
- 3) вероятность появления крольчат с длинной шерстью и сплошной окраской от скрещивания дигетерозиготной самки с гомозиготным по рецессивным признакам самцом 5%;
- 4) вероятность появления крольчат с длинной пятнистой шерстью от скрещивания двух дигетерозиготных кроликов 4,75%;
- 5) вероятность появления крольчат с короткой пятнистой шерстью от скрещивания гетерозиготной по окраске и гомозиготной по доминантной аллели гена, контролирующего длину шерсти, самки с гетерозиготным по длине шерсти и гомозиготным по рецессивной аллели гена, контролирующего характер окраски шерсти, самцом 50%;
- 6) вероятность появления крольчат с длинной шерстью и сплошной окраской от скрещивания дигетерозиготной самки с гетерозиготным по окраске и гомозиготным по доминантной аллели гена, контролирующего длину шерсти, самцом 0%.

Определение расстояния между генами и порядка их расположения в хромосоме

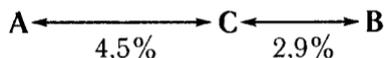
179. Расстояние между генами **B** и **C** — 20 морганид (20% кроссинговера).
180. Расстояние между генами **br** и **wx** — 3,5 морганиды.
181. Расстояние между генами **gl** и **st** 12,4 морганиды.
182. Расстояние между генами **C** и **S** — 3,6% кроссинговера.
183. 1) Доминантные признаки — гладкие и окрашенные семена, рецессивные — морщинистые и неокрашенные семена;
2) гены находятся в цис-положении;
3) расстояние между генами 4,84 морганиды (4,84% кроссинговера).
184. Расстояние между генами **M** и **N** больше расстояния между генами **A** и **B** на 2,2% кроссинговера: $10,4\% - 8,2\% = 2,2\%$.
185. 1) В первом скрещивании у самки в одной хромосоме локализованы **A** и **B**, а в другой — **a** и **b** (цис-положение), во втором — гены **A** и **b** в одной хромосоме, а гены **a** и **B** — в другой (транс-положение).
2) Расстояние между генами **A** и **B** равно 17% кроссинговера.

Картирование хромосом

186. Расстояние между генами **A** и **B** равно 7,4% кроссинговера, между генами **B** и **C** — 2,9 и между генами **A** и **C** — 10,3. Поэтому гены расположены в следующем порядке:



187. Поскольку расстояние между генами **A** и **B** равно сумме расстояний между генами (**A** и **C**) + (**C** и **B**), гены расположены в следующем порядке:



188. Расположение генов в хромосоме — **BCAED**.
 189. Расположение генов в хромосоме — **ADBCE**.
 190. Порядок расположения генов в хромосоме — **ACB**. Между генами **A** и **C** 28% кроссинговера, между генами **C** и **B** — 30%.
 191. Порядок расположения генов в хромосоме — **XYZ**. Между генами **X** и **Y** 8,4% кроссинговера, между генами **Y** и **Z** — 14,3%.

ГЕНЕТИКА ПОЛА.

НАСЛЕДОВАНИЕ, СЦЕПЛЕННОЕ С ПОЛОМ

Тестовые задания

1. а	9. а	17. в	25. в
2. б	10. г	18. в	26. в
3. б	11. г	19. в	27. б
4. г	12. а	20. а	28. г
5. г	13. а	21. а	29. г
6. б	14. б	22. б	30. б
7. б	15. б	23. а	31. г
8. а	16. а	24. а	

Наследование сцепленных с полом признаков

192. 1) ≈ 73 ; 2) ≈ 73 ; 3) ≈ 73 ; 4) ≈ 642 ; 5) ≈ 321 .
 193. 1) ≈ 182 ; 2) ≈ 91 ; 3) ≈ 91 ; 4) ≈ 6 ; 5) ≈ 6 .
 194. 1) ≈ 1 ; 2) 0; 3) ≈ 1 ; 4) ≈ 2 ; 5) ≈ 2 .
 195. 1) 2; 2) 4; 3) 2; 4) 6; 5) 2.
 196. 1) 18; 2) 4; 3) ≈ 31 ; 4) ≈ 12 ; 5) ≈ 12 .
 197. 1) 2; 2) ≈ 5 ; 3) ≈ 2 ; 4) ≈ 2 ; 5) ≈ 2 .
 198. 1) ≈ 5 ; 2) ≈ 2 ; 3) ≈ 3 ; 4) ≈ 2 ; 5) ≈ 1 .
 199. 1) ≈ 9 ; 2) ≈ 9 ; 3) ≈ 34 ; 4) ≈ 34 ; 5) ≈ 25 .
 200. 1) ≈ 5 ; 2) ≈ 4 ; 3) ≈ 2 ; 4) ≈ 2 ; 5) ≈ 2 .
 201. 1) 3; 2) ≈ 24 ; 3) ≈ 24 ; 4) ≈ 48 ; 5) ≈ 24 .

202. 1) Девочки с нормальным цветовым зрением и мальчики-дальтоники в соотношении 1:1;
 2) девочки с нормальным цветовым зрением, девочки-дальтоники, мальчики с нормальным цветовым зрением и мальчики-дальтоники в соотношении 1:1:1:1;
 3) девочки с нормальным цветовым зрением, мальчики с нормальным цветовым зрением и мальчики-дальтоники в соотношении 2:1:1.
203. 1) Полосатые петушки, полосатые курочки и черные курочки в соотношении 2:1:1;
 2) полосатые петушки, черные петушки, полосатые курочки и черные курочки в соотношении 1:1:1:1;
 3) черные петушки и черные курочки в соотношении 1:1:1:1.
204. 1) Все дети с потовыми железами;
 2) девочки с потовыми железами, мальчики с потовыми железами и мальчики без потовых желез в соотношении 2:1:1;
 3) все дети без потовых желез.
205. 1) Полосатые петушки и черные курочки в соотношении 1:1;
 2) полосатые петушки, полосатые курочки и черные курочки в соотношении 2:1:1;
 3) полосатые петушки и полосатые курочки в соотношении 1:1.
206. 1) а) Если самка гомозиготна, то в F_1 красные самки и красные самцы в соотношении 1:1;
 б) если самка гетерозиготна, то в F_1 красные самки, красные самцы и белые самцы в соотношении 2:1:1;
 2) а) если самка гомозиготна, то в F_1 красные самки и красные самцы в соотношении 1:1;
 б) если самка гетерозиготна, то в F_1 красные самки, красные самцы, белые самки и белые самцы в соотношении 1:1:1:1;
 3) в F_1 красные самки и белые самцы в соотношении 1:1.
207. 1) В F_1 красные самки, красные самцы и белые самцы в соотношении 2:1:1;

- 2) в F_1 красные самки и красные самцы в соотношении 1:1;
- 3) а) если у самца доминантный ген локализован в Y-хромосоме, а рецессивный в X-хромосоме, то в F_1 красные самки и белые самцы в соотношении 1:1;
 б) если у самца доминантный ген локализован в X-хромосоме, а рецессивный в Y-хромосоме, то в F_1 белые самки и красные самцы в соотношении 1:1.
- 208.** 1) От брака гомозиготных здоровой женщины и больного мужчины можно ожидать только здоровых детей;
 2) а) если у мужчины доминантный ген локализован в Y-хромосоме, а рецессивный — в X-хромосоме, то от брака с больной женщиной можно ожидать больных дочерей и здоровых сыновей;
 б) если у мужчины доминантный ген локализован в X-хромосоме, а рецессивный — в Y-хромосоме, то от брака с больной женщиной можно ожидать больных сыновей и здоровых дочерей.
- 209.** От скрещивания голубой самки с гомозиготным коричневым самцом в F_1 можно ожидать коричневых самок и коричневых самцов в соотношении 1:1; в F_2 — коричневых самцов, коричневых самок и голубых самок в соотношении 2:1:1.
- 210.** 1) От скрещивания рыжей кошки и черного кота можно ожидать черепаховых кошек и рыжих котов в соотношении 1:1;
 2) от скрещивания черной кошки и рыжего кота можно ожидать черепаховых кошек и черных котов в соотношении 1:1;
 3) от скрещивания черепаховой кошки и рыжего кота можно ожидать черепаховых кошек, рыжих кошек, рыжих котов и черных котов в соотношении 1:1:1:1;
 4) от скрещивания черепаховой кошки и черного кота можно ожидать черепаховых кошек, черных кошек, рыжих котов и черных котов в соотношении 1:1:1:1.
- 211.** 1) а) Вероятность рождения нормального сына от брака мужчины-дальтоника и женщины-носительницы цветовой слепоты $1/4$;

- б) вероятность рождения дочери с цветовой слепотой от брака мужчины-дальтоника и женщины-носительницы цветовой слепоты $1/4$;
- 2) вероятность рождения детей с цветовой слепотой от брака женщины с нормальным цветовым зрением, отец которой страдал цветовой слепотой, и мужчины с нормальным цветовым зрением $1/4$;
- 3) вероятность рождения детей-дальтоников от брака женщины с нормальным цветовым зрением, отец которой был дальтоник, и мужчины-дальтоника $1/2$;
- 4) генотипы Р: ♀ $X^C X^c$, ♂ $X^c Y$;
- 5) а) если женщина с нормальным цветовым зрением, имеющая отца с нормальным цветовым зрением и брата-дальтоника, гомозиготна, то вероятность того, что ее сын окажется дальтоником, равна 0;
 б) если женщина с нормальным цветовым зрением, имеющая отца с нормальным цветовым зрением и брата-дальтоника, гетерозиготна, то вероятность того, что ее сын окажется дальтоником — $1/2$;
- 6) а) генотип матери $X^C X^c$;
 б) вероятность рождения дочери-дальтоника $1/4$.
212. Вероятность получения серебристо-полосатых курочек от скрещивания серебристо-полосатой курицы с золотисто-полосатым петухом 50%.
213. Вероятность получения нормальных самцов от скрещивания гетерозиготных по гену вибрирования самцов с аномальными самками $1/4$.
214. 1) а) Если женщина гомозиготна, то вероятность рождения сына-гемофилика у здоровых родителей 0;
 б) если женщина гетерозиготна, то вероятность рождения сына-гемофилика у здоровых родителей $1/4$;
- 2) вероятность того, что другой сын и дочь здоровы — 100% для дочери и 50% для сына.
215. ≈ 23 петушка F_2 имели полосатую окраску.
216. 1) Вероятность получения белоглазого потомства от скрещивания белоглазой самки и красноглазого самца 50%;

- 2) вероятность получения белоглазого потомства от скрещивания между собой гибридов первого поколения 50%.
217. Соотношение полов в потомстве гетерозиготного по летальному гену петуха и нормальной курицы 1 ♀ : 2 ♂.
218. 1) Родители мужчины-альбиноса и гемофилика могут иметь следующие генотипы:
 ♀: **aaXHXh** или **AaXHXh**;
 ♂: **aaXNY** или **AaXNY** или **aaXhY** или **AaXhY**.
- 2) от брака здорового мужчины-альбиноса и здоровой женщины, отец которой был гемофилик, а мать — альбинос, можно ожидать здоровых девочек, девочек-альбиносов, здоровых мальчиков, мальчиков-альбиносов, мальчиков-гемофиликов и мальчиков-гемофиликов и альбиносов одновременно в соотношении 2:2:1:1:1:1;
- 3) вероятность рождения здоровых сыновей от брака альбиноса-гемофилика мужчины и женщины — носительницы этих генов — 1/8.
219. 1) а) От скрещивания гомозиготного зеленого хохлатого самца с коричневой самкой без хохолка в F₁ можно ожидать зеленых хохлатых самок (**CcXBY**) и зеленых хохлатых самцов (**CcXBXb**) в соотношении 1:1; б) от возвратного скрещивания гибридов F₁ с материнской формой можно ожидать зеленых хохлатых самок и зеленых хохлатых самцов в соотношении 1:1 (генотипы **CCXBY**, **CcXBY**, **CCXBXb**, **CcXBXb** в соотношении 1:1:1:1); от возвратного скрещивания гибридов F₁ с отцовской формой можно ожидать зеленых хохлатых самок, зеленых самок без хохла, коричневых хохлатых самок, коричневых самок без хохла, зеленых хохлатых самцов, зеленых самцов без хохла, коричневых хохлатых самцов, коричневых самцов без хохла в соотношении 1:1:1:1:1:1:1:1 (генотипы **CcXBY**, **ccXBY**, **CcXbY**, **ccXbY**, **CcXBXb**, **ccXBXb**, **CcXbXb**, **ccXbXb** в соотношении 1:1:1:1:1:1:1:1);

- 2) генотипы P: ♀ CcX^bY , ♂ $ccXBX^b$;
 3) генотипы P: ♀ $CcXBY$, ♂ $CcXBX^b$.

220. 1) а) Если генотип самца $rrSSX^bX^b$, то в потомстве цыплята полосатые темнокожие с листовидным гребнем и черные темнокожие с листовидным гребнем в соотношении 1:1;

б) если генотип самца $rrSsX^bX^b$, то в потомстве цыплята полосатые темнокожие с листовидным гребнем, полосатые белокожие с листовидным гребнем, черные темнокожие с листовидным гребнем и черные белокожие с листовидным гребнем в соотношении 1:1:1:1;

2) генотипы ♀ $rrssX^BY$, ♂ $RRSsX^BX^B$;

3) генотипы ♀ $RRSSX^bY$, ♂ $rrssX^BX^B$;

4) а) если генотип самца CcX^BX^B , то в потомстве 1/3 полосатых коротконогих курочек, 1/6 полосатых с нормальными ногами курочек, 1/3 полосатых коротконогих петушков и 1/6 полосатых с нормальными ногами петушков;

б) если генотип самца CcX^bX^b , то в потомстве 1/6 полосатых коротконогих курочек, 1/6 черных коротконогих курочек, 1/12 полосатых с нормальными ногами курочек, 1/12 черных с нормальными ногами курочек, 1/6 полосатых коротконогих петушков, 1/6 черных коротконогих петушков, 1/12 полосатых с нормальными ногами петушков, 1/12 черных с нормальными ногами петушков;

5) полосатые коротконогие курочки, черные коротконогие курочки, полосатые с нормальными ногами курочки, черные с нормальными ногами курочки, полосатые коротконогие петушки, черные коротконогие петушки, полосатые с нормальными ногами петушки, черные с нормальными ногами петушки в соотношении 1:1:1:1:1:1:1:1;

6) генотипы ♀ ccX^BY (полосатая коротконогая), ♂ CcX^bX^b (черный коротконогий).

221. Дети и внуки мужского пола будут иметь перепонки между пальцами ног.

222. От брака мужчины с гипертрихозом и нормальной по этому признаку женщины можно ожидать мальчиков с гипертрихозом и девочек без гипертрихоза в соотношении 1:1.
223. 1) От брака мужчины с гипертрихозом и нормальным зрением с женщиной, гетерозиготной по гену дальтонизма, можно ожидать девочек с нормальным цветовым зрением и без гипертрихоза, мальчиков с нормальным цветовым зрением и с гипертрихозом, мальчиков-дальтоников с гипертрихозом в соотношении 2:1:1;
- 2) от брака мужчины с гипертрихозом и дальтонизмом с женщиной, гетерозиготной по гену дальтонизма, можно ожидать девочек с нормальным цветовым зрением и без гипертрихоза, девочек-дальтоников без гипертрихоза, мальчиков с нормальным цветовым зрением и с гипертрихозом, мальчиков-дальтоников с гипертрихозом в соотношении 1:1:1:1;
- 3) от брака мужчины с гипертрихозом и дальтонизмом с женщиной-дальтоником можно ожидать девочек-дальтоников без гипертрихоза, мальчиков-дальтоников с гипертрихозом в соотношении 1:1.
224. 1) От брака мужчины с гипертрихозом, перепончатостью ног, нормальным зрением и карими глазами с женщиной, гетерозиготной по генам дальтонизма и цвета глаз:
- а) если он гомозиготен по доминантной аллели гена, определяющего цвет глаз, можно ожидать кареглазых девочек с нормальным цветовым зрением без гипертрихоза и перепончатости ног, кареглазых мальчиков с нормальным цветовым зрением с гипертрихозом и перепончатостью ног, кареглазых мальчиков-дальтоников с гипертрихозом и перепончатостью ног в соотношении 2:1:1;
- б) если он гетерозиготен по гену, определяющему цвет глаз, можно ожидать кареглазых девочек с нормальным цветовым зрением без гипертрихоза и перепончатости ног, голубоглазых девочек с нормаль-

ным цветовым зрением без гипертрихоза и перепончатости ног, кареглазых мальчиков с нормальным цветовым зрением с гипертрихозом и перепончатостью ног, кареглазых мальчиков-дальтоникиков с гипертрихозом и перепончатостью ног, голубоглазых мальчиков с нормальным цветовым зрением с гипертрихозом и перепончатостью ног, голубоглазых мальчиков-дальтоникиков с гипертрихозом и перепончатостью ног в соотношении 6:2:3:3:1:1;

- 2) от брака мужчины с перепончатостью ног, дальтонизмом и голубыми глазами с женщиной, гетерозиготной по генам дальтонизма и цвета глаз, можно ожидать кареглазых девочек с нормальным цветовым зрением без гипертрихоза и перепончатости ног, кареглазых девочек-дальтоникиков без гипертрихоза и перепончатости ног, голубоглазых девочек с нормальным цветовым зрением без гипертрихоза и перепончатости ног, голубоглазых девочек-дальтоникиков без гипертрихоза и перепончатости ног, кареглазых мальчиков с нормальным цветовым зрением с гипертрихозом и перепончатостью ног, кареглазых мальчиков-дальтоникиков с гипертрихозом и перепончатостью ног, голубоглазых мальчиков с нормальным цветовым зрением с гипертрихозом и перепончатостью ног, голубоглазых мальчиков-дальтоникиков с гипертрихозом и перепончатостью ног в соотношении 1:1:1:1:1:1:1:1;
- 3) от брака голубоглазого мужчины-дальтоника с гипертрихозом и перепончатостью ног с голубоглазой женщиной-дальтоником можно ожидать голубоглазых девочек-дальтоникиков без гипертрихоза и перепончатости ног и голубоглазых мальчиков-дальтоникиков с гипертрихозом и перепончатостью ног в соотношении 1:1.

225. 1) От брака гетерозиготной по общей цветовой слепоте женщины — носительницы дальтонизма и гетерозиготного по общей цветовой слепоте мужчины с нормальной свертываемостью крови можно ожидать

девочек с нормальным и цветовым зрением и свертываемостью крови и мальчиков-дальтоников и гемофиликов в соотношении 3:1;

- 2) от брака женщины — носительницы дальтонизма с общей цветовой слепотой и гетерозиготного по общей цветовой слепоте мужчины-гемофилика можно ожидать девочек-дальтоников с нормальной свертываемостью крови, мальчиков с нормальным цветовым зрением и свертываемостью крови и мальчиков-дальтоников и гемофиликов в соотношении 1:1:1.

226. Вероятность рождения детей с двумя аномалиями от брака женщины с нормальным зрением, мать которой страдала «куриной слепотой», а отец — дальтонизмом, с нормальным по обоим признакам мужчиной 15%.

227. От брака дигетерозиготной женщины и мужчины с гипертрихозом, дальтонизмом и «куриной слепотой» можно ожидать девочек с нормальным зрением без гипертрихоза, девочек-дальтоников с ночной слепотой без гипертрихоза, мальчиков с нормальным зрением и гипертрихозом, мальчиков-дальтоников с ночной слепотой и гипертрихозом в соотношении 1:1:1:1.

228. 1) От брака дигетерозиготной женщины и мужчины с перепончатыми ногами, дальтонизмом и «куриной слепотой», если у женщины гены дальтонизма и ночной слепоты находятся в цис-положении (кроссинговер отсутствует), можно ожидать девочек с нормальным зрением без перепончатости ног, девочек-дальтоников с ночной слепотой без перепончатости ног, мальчиков с нормальным зрением и перепончатыми ногами и мальчиков-дальтоников с ночной слепотой и перепончатыми ногами в соотношении 1:1:1:1;

- 2) от брака дигетерозиготной женщины и мужчины с перепончатыми ногами, дальтонизмом и «куриной слепотой», если у женщины гены дальтонизма и ночной слепоты находятся в транс-положении (кроссинговер отсутствует), можно ожидать девочек с нормальным цветовым зрением с ночной слепотой и без

перепончатости ног, девочек-дальтоникиков с ночной слепотой без перепончатости ног, мальчиков-дальтоникиков с нормальным ночным зрением и перепончатыми ногами и мальчиков с нормальным цветовым зрением, но с ночной слепотой и перепончатыми ногами в соотношении 1:1:1:1;

- 3) от брака дигетерозиготной женщины и мужчины с перепончатыми ногами, дальтонизмом и «куриной слепотой», если у женщины гены дальтонизма и ночной слепоты находятся в цис-положении (кроссинговер происходит), можно ожидать 15% девочек с нормальным зрением без перепончатости ног, 15% девочек-дальтоникиков с ночной слепотой и без перепончатости ног, 10% девочек-дальтоникиков с нормальным ночным зрением и без перепончатости ног, 10% девочек с нормальным цветовым зрением, но с ночной слепотой и без перепончатости ног, 15% мальчиков с нормальным зрением и перепончатыми ногами, 15% дальтоникиков с ночной слепотой и перепончатыми ногами, 10% мальчиков-дальтоникиков с нормальным ночным зрением и перепончатыми ногами, 10% мальчиков с ночной слепотой, нормальным цветовым зрением и перепончатыми ногами;
- 4) от брака дигетерозиготной женщины и мужчины с перепончатыми ногами, дальтонизмом и «куриной слепотой», если у женщины гены дальтонизма и ночной слепоты находятся в транс-положении (кроссинговер происходит), можно ожидать 15% девочек с нормальным цветовым зрением, ночной слепотой и без перепончатости ног, 15% девочек-дальтоникиков с нормальным ночным зрением и без перепончатости ног, 10% девочек с нормальным зрением и без перепончатости ног, 10% девочек-дальтоникиков с ночной слепотой и без перепончатости ног, 15% мальчиков с нормальным цветовым зрением, ночной слепотой и перепончатыми ногами, 15% мальчиков-дальтоникиков с нормальным ночным зрением и перепончатыми ногами, 10% мальчиков с нормальным зрением и перепончатыми ногами, 10% мальчиков-

дальтоники с ночной слепотой и перепончатыми ногами.

229. 1) От брака гетерозиготной по трем признакам кареглазой женщины и гетерозиготного кареглазого мужчины с нормальным зрением и перепончатыми ногами, если у женщины гены дальтонизма и ночной слепоты находятся в цис-положении (кроссинговер отсутствует), можно ожидать кареглазых девочек с нормальным зрением без перепончатости ног, голубоглазых девочек с нормальным зрением без перепончатости ног, кареглазых мальчиков с нормальным зрением и перепончатыми ногами, кареглазых мальчиков-дальтоники с ночной слепотой и перепончатыми ногами, голубоглазых мальчиков с нормальным зрением и перепончатыми ногами, голубоглазых мальчиков-дальтоники с ночной слепотой и перепончатыми ногами в соотношении $6 : 2 : 3 : 3 : 1 : 1$;
- 2) от брака гетерозиготной по трем признакам кареглазой женщины и гетерозиготного кареглазого мужчины с нормальным зрением и перепончатыми ногами, если у женщины гены дальтонизма и ночной слепоты находятся в транс-положении (кроссинговер отсутствует), можно ожидать кареглазых девочек с нормальным зрением без перепончатости ног, голубоглазых девочек с нормальным зрением без перепончатости ног, кареглазых мальчиков с нормальным цветовым зрением, ночной слепотой и перепончатыми ногами, кареглазых мальчиков-дальтоники с нормальным ночным зрением и перепончатыми ногами, голубоглазых мальчиков с нормальным цветовым зрением, ночной слепотой и перепончатыми ногами, голубоглазых мальчиков-дальтоники с нормальным ночным зрением и перепончатыми ногами в соотношении $6 : 2 : 3 : 3 : 1 : 1$;
- 3) от брака гетерозиготной по трем признакам кареглазой женщины и гетерозиготного кареглазого мужчины с нормальным зрением и перепончатыми ногами, если у женщины гены дальтонизма и ночной

слепоты находятся в цис-положении (кроссинговер происходит), можно ожидать 37,5% кареглазых девочек с нормальным зрением без перепончатости ног, 12,5% голубоглазых девочек с нормальным зрением без перепончатости ног, 11,25% кареглазых мальчиков с нормальным зрением и перепончатыми ногами, 11,25% кареглазых мальчиков-дальтоники с ночной слепотой и перепончатыми ногами, 7,5% кареглазых мальчиков-дальтоники с нормальным ночным зрением и перепончатыми ногами, 7,5% кареглазых мальчиков с нормальным цветовым зрением, ночной слепотой и перепончатыми ногами, 3,75% голубоглазых мальчиков с нормальным зрением и перепончатыми ногами, 3,75% голубоглазых мальчиков-дальтоники с ночной слепотой и перепончатыми ногами, 2,5% голубоглазых мальчиков-дальтоники с нормальным ночным зрением и перепончатыми ногами, 2,5% голубоглазых мальчиков с нормальным цветовым зрением, ночной слепотой и перепончатыми ногами;

- 4) от брака гетерозиготной по трем признакам кареглазой женщины и гетерозиготного кареглазого мужчины с нормальным зрением и перепончатыми ногами, если у женщины гены дальтонизма и ночной слепоты находятся в транс-положении (кроссинговер происходит), можно ожидать 37,5% кареглазых девочек с нормальным зрением без перепончатости ног, 12,5% голубоглазых девочек с нормальным зрением без перепончатости ног, 7,5% кареглазых мальчиков с нормальным зрением и перепончатыми ногами, 7,5% кареглазых мальчиков-дальтоники с ночной слепотой и перепончатыми ногами, 11,25% кареглазых мальчиков-дальтоники с нормальным ночным зрением и перепончатыми ногами, 11,25% кареглазых мальчиков с нормальным цветовым зрением, ночной слепотой и перепончатыми ногами, 2,5% голубоглазых мальчиков с нормальным зрением и перепончатыми ногами, 2,5% голубоглазых мальчиков-дальтоники с ночной слепотой и пере-

пончатыми ногами, 3,75% голубоглазых мальчиков-дальтоников с нормальным ночным зрением и перепончатыми ногами, 3,75% голубоглазых мальчиков с нормальным цветовым зрением, ночной слепотой и перепончатыми ногами.

Наследование ограниченных полом и зависимых от пола признаков

230. 1) а) NNXY , NN'XY ; в) NNXX ;
 б) N'N'XY ; г) NN'XX , N'N'XX .
- 2) а) в F_1 комолые самки, комолые самцы и рогатые самцы в соотношении 2:1:1;
 б) в F_1 рогатые самки и самцы в соотношении 1:1.
231. 1) От скрещивания рогатой самки и гомозиготного рогатого самца можно ожидать единообразное рогатое потомство;
- 2) от скрещивания гетерозиготных по гену рогатости самца и самки можно ожидать рогатых самок, комолых самок, рогатых самцов и комолых самцов в соотношении 1:3:3:1;
- 3) от скрещивания безрогого самца и рогатой самки можно ожидать комолых самок и рогатых самцов в соотношении 1:1.
232. 1) От брака лысого гомозиготного мужчины и гетерозиготной по гену плешивости женщины с нормальными волосами можно ожидать девочек с нормальными волосами, девочек с ранним облысением и мальчиков с ранним облысением в соотношении 1:1:2;
- 2) от брака лысого гетерозиготного мужчины с женщиной, имеющей нормальные волосы, мать которой была лысой, можно ожидать девочек с нормальными волосами, девочек с ранним облысением, мальчиков с нормальными волосами и мальчиков с ранним облысением в соотношении 3:1:1:3;
- 3) от брака лысого гетерозиготного мужчины и лысой женщины можно ожидать девочек с нормальными волосами, девочек с ранним облысением, мальчиков

с нормальными волосами и мальчиков с ранним облысением в соотношении 1:1:1:1.

233. 1) Генотип матери — SsXX, генотип отца — SsXY, генотип сына — ssXY, генотип дочери — SSXX, генотип мужа дочери — ssXY;
2) вероятность рождения сына, склонного к раннему облысению — 100%.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ГЕНОВ

Тестовые задания

1. г	10. б	19. б	28. б
2. а	11. г	20. г	29. а
3. б	12. в	21. в	30. в
4. г	13. б	22. б	31. а
5. а	14. в	23. а	32. б
6. г	15. а	24. в	33. в
7. б	16. а	25. а	34. в
8. в	17. а	26. б	35. в
9. г	18. в	27. б	

234. 1) а) Красные, розовые и белые цветки в соотношении 1:2:1;
б) красные и розовые цветки в соотношении 1:1;
в) розовые цветки;
г) розовые и белые цветки в соотношении 1:1;
2) красные, розовые и белые цветки в соотношении 1:2:1;
3) а) в F₁ все цветки розовые;
б) в F₂ красные, розовые и белые цветки в соотношении 1:2:1;
в) потомства от возвратного скрещивания растения F₁ с его белоцветковым родителем с розовыми и белыми цветками в соотношении 1:1;
г) потомства от возвратного скрещивания растения F₁ с его красноцветковым родителем с красными и розовыми цветками в соотношении 1:1;

- 4) от скрещивания двух растений львиного зева с розовыми цветками можно получить растения с красными, розовыми и белыми цветками в соотношении 1:2:1 (генотипы R_1R_1 , R_1R_2 , R_2R_2 в соотношении 1:2:1);
- 5) генотип P: R_1R_2 (розовые цветки);
- 6) генотипы P: R_1R_2 (розовые цветки), R_2R_2 (белые цветки) в соотношении 1:1;
- 7) генотипы F_1 : R_1R_1 , R_1R_2 в соотношении 1:1; фенотипы F_1 : красные и розовые цветки в соотношении 1:1;
- 8) растение с белыми цветками.
235. 1) Во всех скрещиваниях вероятность появления чалого теленка 1/2;
- 2) генотип скрещиваемых животных R_1R_1 .
236. 1) Наследование признака по типу неполного (промежуточного) доминирования;
- 2) если скрестить черного петуха с белой курицей, то потомство F_1 имеет голубую окраску (генотип B_1B_2), потомство F_2 — цыплята с черным, голубым и белым оперением в соотношении 1:2:1 (генотипы B_1B_1 , B_1B_2 , B_2B_2 в соотношении 1:2:1);
- 3) генотип P: B_1B_1 ;
- 4) вероятность получения черных цыплят от скрещивания голубых петуха и курицы 1/4.
237. Генотипы P: A_1A_1 , A_1A_2 в соотношении 1:1.
238. Дети от брака мужчины, имеющего анофтальмию, и женщины с нормальным строением глазных яблок будут иметь уменьшенные глазные яблоки (генотип A_1A_2).
239. 1) Наследование признака по типу неполного (промежуточного) доминирования;
- 2) вероятность рождения белых морских свинок от скрещивания кремовых 1/4.
240. 1) Наследование признака по типу неполного (промежуточного) доминирования;
- 2) потомство от самоопыления растений, имеющих длинный корнеплод, будет иметь длинный корнеплод,

а от самоопыления растений с круглыми плодами — круглый.

241. 1) Наследование признака по типу неполного (промежуточного) доминирования;
2) чтобы получать только горностаевых цыплят, нужно скрещивать белых и черных животных.
242. 1) Наследование признака по типу неполного (промежуточного) доминирования;
2) от скрещивания крапчатых с черными можно получить крапчатых и черных цыплят в соотношении 1:1; от скрещивания крапчатых с белыми можно получить крапчатых и белых цыплят в соотношении 1:1.
243. 1) 4; 2) 4; 3) 4; 4) ≈ 170 ; 5) ≈ 170 .
244. 1) 122; 2) 4; 3) ≈ 670 ; 4) ≈ 6 ; 5) ≈ 335 .
245. 1) 4; 2) 6; 3) 3; 4) ≈ 12 ; 5) ≈ 4 .
246. 1) а) 1 (розовые с нормальным венчиком) : 1 (розовые с пилорическим венчиком);
б) 3 (белые с нормальным венчиком) : 1 (белые с пилорическим венчиком);
в) 1 (красные с нормальным венчиком) : 1 (красные с пилорическим венчиком) : 2 (розовые с нормальным венчиком) : 2 (розовые с пилорическим венчиком) : 1 (белые с нормальным венчиком) : 1 (белые с пилорическим венчиком);
г) розовые с нормальным венчиком;
д) 1 (красные с нормальным венчиком) : 2 (розовые с нормальным венчиком) : 1 (белые с нормальным венчиком);
е) 1 (красные с пилорическим венчиком) : 1 (розовые с пилорическим венчиком).
2) 3 (красные нормальные) : 6 (розовые нормальные) : 2 (розовые пилорические) : 1 (красные пилорические) : 3 (белые нормальные) : 1 (белые пилорические);
3) 1 (красные пилорические) : 2 (розовые пилорические) : 1 (белые пилорические);

- 4) I (розовые пилорические) : I (белые пилорические);
 5) 3 (белые нормальные) : I (белые пилорические).
247. 1) Если у матери первая группа крови, а у отца вторая, то дети будут иметь II группу крови;
 2) группы крови P: ♀ I^{A.0}, ♂ I^{B.0};
 3) группа крови отца — II;
 4) ребенок первой супружеской пары (у отца вторая, а у матери третья группа крови);
 5) если мать имеет четвертую группу крови, а отец — третью, то у их детей невозможна I группа крови;
 6) генотип ♀ I^{A.0}, ♂ I^{B.0}, ребенка — i^{0.0};
 7) дети не могут унаследовать группу крови одного из родителей;
 8) у родителей с I и II группами крови ребенок с I группой крови, у родителей со II и IV группами — II.
248. 1) ≈ 129; 2) ≈ 387; 3) ≈ 129; 4) 124; 5) ≈ 31.
249. 1) 4; 2) 9; 3) ≈ 12; 4) ≈ 12; 5) ≈ 24.
250. 1) 115; 2) 4; 3) 3; 4) ≈ 117; 5) ≈ 156.
251. Фиолетовая и красная окраски алейрона в соотношении 1:1.
252. Растения с низким и высоким содержанием цианидов в соотношении 3:1.
253. Парноперистые листья, непарноперистые листья и безлисточковые листья в соотношении 3:2:3.
254. Растения с розовыми, красно-фиолетовыми и белыми клубнями в соотношении 1:3:4.
255. От двух белоплодных растений можно ожидать потомство с темно-синими и белыми плодами в соотношении 1:3.
256. Потомки, полученные от скрещивания гетерозиготной красноглазой мухи с гетерозиготной мухой, имеющей ярко-красные глаза, будут иметь красные, ярко-красные, коричневые и белые глаза в соотношении 3:3:1:1.
257. Вероятность появления потомков с белой окраской цветков 2/8.

258. Вероятность появления потомства, гусеницы которого плетут желтые коконы — 50%.
259. Вероятность появления кремовых норок, если проводится скрещивание бежевых:
- а) если генотипы скрещиваемых особей **ВВаа** или **ВВаа** и **Вбаа** — 0%;
 - б) если генотипы скрещиваемых особей **Вбаа** — 25%.
260. Вероятность появления платиновых норок, если проводится скрещивание дигетерозиготных коричневых — 7/16.
261. Генотипы Р: **СсРр**.
262. Безалкалоидные гибриды, полученные от скрещивания растений, одно из которых гетерозиготно по гену **A** и гомозиготно по доминантному гену **L**, а другое растение — дигетерозиготно, будут иметь генотипы **aaLL**, **aaLl**.
263. а) Вероятность появления розовоцветковых растений от возвратного скрещивания гибридов F_1 с материнской особью — 0%;
- б) вероятность появления розовоцветковых растений от возвратного скрещивания гибридов F_1 с отцовской особью — 50%.
264. Щенки от скрещивания черного спаниеля с собакой одинакового с ним генотипа будут иметь черную, рыжую, коричневую и светло-желтую окраску шерсти в соотношении 9:3:3:1.
265. Потомство от скрещивания двух пурпурноцветковых растений может быть:
- а) только пурпурноцветковым, если скрещиваются растения с генотипами: 1) **ААВВ**; 2) **ААВв** и **АаВВ**; 3) **ААВВ** и **АаВВ**; 4) **ААВВ** и **ААВв**; 5) **ААВВ** и **АаВв**;
 - б) пурпурноцветковым и белоцветковым (в соотношении 3:1), если скрещиваются растения с генотипами **АаВв** и **АаВВ** или **АаВв** и **ААВв**;
 - в) пурпурноцветковым и белоцветковым (в соотношении 9:7), если скрещиваются растения с генотипами **АаВв**.

266. 1) 3; 2) 4; 3) ≈ 111 ; 4) ≈ 332 ; 5) ≈ 83 .
267. 1) 116; 2) 2; 3) ≈ 368 ; 4) ≈ 491 ; 5) ≈ 1597 .
268. 1) 1; 2) ≈ 917 ; 3) ≈ 306 ; 4) ≈ 102 ; 5) ≈ 306 .
269. Окраска волокон гибридов может быть зеленой, коричневой и белой в соотношении 2:1:1.
270. $\frac{3}{4}$ гибридов будут иметь красно-фиолетовые цветки и белые клубни, а $\frac{1}{4}$ — красно-фиолетовые цветки и клубни.
271. Семена гибридов будут иметь коричневую окраску.
272. Потомство от скрещивания дигетерозиготного растения с растением, гетерозиготным по первому и гомозиготным по второму доминантному гену, будет иметь округлые плоды.
273. 1) Генотипы P: ♀ **AaBb**, ♂ **Aabb**; генотипы F₁: **AABb**, **AAbb**, **AaBb**, **Aabb**, **aaBb**, **aabb** в соотношении 1:1:2:2:1:1;
- 2) генотипы P: ♀ **AaBb**, ♂ **aabb**; генотипы F₁: **AABb**, **AaBb**, **aaBb**, **aabb** в соотношении 1:1:1:1;
- 3) генотипы P: **AaBb**; генотипы F₁: **AABB** : **aabb** в соотношении 1:2:1:2:4:2:1:2:1.
274. От скрещивания гетерозиготной черной собаки с дигетерозиготной белой можно ожидать белых, черных и коричневых щенков в соотношении 4:3:1.
275. Вероятность появления кур с черной окраской от скрещивания черного петуха с генотипом **Ccii** и белой курицы с генотипом **CcII** — 0%.
276. Вероятность рождения серого жеребенка от скрещивания рыжей кобылы с гетерозиготным вороным жеребцом — 0%.
277. 1) Генотипы P: **wwYy**;
- 2) генотипы P: ♀ **WWyy**, ♂ **wwyy**;
- 3) генотипы P: ♀ **WwYy**, ♂ **Wwyy** или ♀ **WwYY**, ♂ **WwYY**;
- 4) генотипы P: ♀ **wwYY**, ♂ **wwYY** или ♀ **wwYy**, ♂ **wwYY**.
278. 1) Генотипы P: ♀ **aaBb**, ♂ **aaBb**;
- 2) генотипы P: ♀ **Aabb**, ♂ **aabb**;

- 3) генотипы P: ♀ AaBB, ♂ AaBB или ♀ AaBB, ♂ AaBb;
 4) генотипы P: ♀ aaBB, ♂ aaBB или ♀ aaBB, ♂ aaBb.
279. 1) В F₁ 100% неокрашенные,
 в F₂ 13 (неокрашенные) : 3 (окрашенные);
 2) генотип курицы породы виандот iiCC;
 3) генотип виандота iiCc;
 4) вероятность появления в F₁ окрашенных цыплят 25%.
280. 1) 2; 2) ≈43; 3) 0; 4) 2; 5) ≈43.
281. 1) 122; 2) ≈40; 3) ≈120; 4) 2; 5) 9.
282. 1) 60; 2) 9; 3) 3; 4) ≈43; 5) 20.
283. Высота стебля гибридов может быть 86 см и 52 см
 (в соотношении 3:1).
284. Возможная длина членика колосового стержня у рас-
 тений, полученных при скрещивании — 3,33 мм.
285. Генотипы P: A₁a₁A₂a₂.
286. а) Длина ушей кроликов F₁ 24 см;
 б) длина ушей кроликов F₂: L₁L₁L₂L₂ — 28 см, L₁L₁L₂l₂ —
 24 см, L₁L₁l₂l₂ — 20 см.
287. Вероятность рождения кроликов с длиной ушей 20 см
 от скрещивания самки кролика породы Баран и сам-
 ца, имеющего длину ушей 16 см — 50%.
288. Вероятность появления цыплят с неоперенными нога-
 ми от скрещивания дигетерозиготного петуха и кури-
 цы, гетерозиготной по одному из генов — 0%.
289. 1) Все дети от брака негритянки и белого мужчины бу-
 дут средними мулатами;
 2) вероятность рождения от брака двух дигетерозигот-
 ных средних мулатов негров — 1/16, белых детей —
 1/16;
 3) вероятность рождения более светлых детей у супру-
 гов — темных мулатов — 25%;
 4) вероятность рождения детей — средних мулатов от
 брака светлой мулатки и темного мулата:
 а) 25%, если родители гомозиготны по одной и той же
 паре генов (мать по рецессивному признаку, отец —
 по доминантному) и гетерозиготны по другой;

б) 50%, если родители гетерозиготны по разным парам генов, а другая пара у каждого родителя гомозиготна (у матери по рецессивному признаку, у отца — по доминантному).

290. 1) Окраска кокона наследуется по типу комплементарного взаимодействия генов (или рецессивный эпистаз);
- 2) если гены, контролирующие окраску кокона, обозначить как **A** и **B**, то:
- а) генотипы P: ♀ **AAbb**, ♂ **aaBB**;
- б) генотипы F₁: **AaBb**;
- в) генотипы F₂: **AABB** : **aabb** в соотношении 1:2:1:2:4:2:1:2:1.
291. 1) Окраска шерсти наследуется по типу комплементарного взаимодействия генов;
- 2) от скрещивания гибридных коричневых норок с кремовыми можно ожидать коричневое, серое, бежевое и кремовое потомство в соотношении 1:1:1:1.
292. 1) Окраска семян наследуется по типу комплементарного взаимодействия генов;
- 2) а) от скрещивания гибридов F₁ с гомозиготным желтозерным растением можно ожидать потомство с зелеными и желтыми семенами в соотношении 1:1;
- б) от скрещивания гибридов F₁ с гомозиготным белозерным растением можно ожидать потомство с зелеными и белыми семенами в соотношении 1:1.
293. 1) В основе наследования длины шерсти — независимое наследование, окраски шерсти — комплементарное взаимодействие генов;
- 2) если гены, контролирующие окраску кокона, обозначить как **A** и **B**, а ген, контролирующий длину шерсти — **C**, то генотипы P: ♀ **AABBCC**, ♂ **aabbcc**.
294. 1) Окраска алейрона наследуется по типу комплементарного взаимодействия генов;
- 2) а) если генотипы P: ♀ **aaBB**, ♂ **aaBB**, то в F₁ семена с неокрашенным алейроном (генотип **aaBB**);

- б) если генотипы P: ♀ **aaBB**, ♂ **aaBb**, то в F₁ семена с неокрашенным алейроном (генотипы **aaBB** и **aaBb** в соотношении 1:1);
- в) если генотипы P: ♀ **aaBB**, ♂ **AAbb**, то в F₁ семена с окрашенным алейроном (генотип **AaBb**);
- г) если генотипы P: ♀ **aaBB**, ♂ **Aabb**, то в F₁ семена с неокрашенным и окрашенным алейроном (генотипы **AaBb**, **aaBb** в соотношении 1:1);
- д) если генотипы P: ♀ **aaBB**, ♂ **aabb**, то в F₁ семена с неокрашенным алейроном (генотип **aaBb**);
- е) если генотипы P: ♀ **aaBb**, ♂ **aaBb**, то в F₁ семена с неокрашенным алейроном (генотипы **aaBB**, **aaBb**, **aabb** в соотношении 1:2:1);
- ж) если генотипы P: ♀ **aaBb**, ♂ **AAbb**, то в F₁ семена с неокрашенным и окрашенным алейроном (генотипы **AaBb**, **Aabb** в соотношении 1:1);
- з) если генотипы P: ♀ **aaBb**, ♂ **Aabb**, то в F₁ семена с неокрашенным и окрашенным алейроном в соотношении 1:3 (генотипы **AaBb**, **Aabb**, **aaBb**, **aabb** в соотношении 1:1:1:1);
- и) если генотипы P: ♀ **aaBb**, ♂ **aabb**, то в F₁ семена с неокрашенным алейроном (генотипы **aaBb**, **aabb** в соотношении 1:1);
- к) если генотипы P: ♀ **AAbb**, ♂ **AAbb**, то в F₁ семена с неокрашенным алейроном (генотип **AAbb**);
- л) если генотипы P: ♀ **AAbb**, ♂ **Aabb**, то в F₁ семена с неокрашенным алейроном (генотипы **Aabb**, **Aabb** в соотношении 1:1);
- м) если генотипы P: ♀ **AAbb**, ♂ **aabb**, то в F₁ семена с неокрашенным алейроном (генотип **Aabb**);
- н) если генотипы P: ♀ **Aabb**, ♂ **Aabb**, то в F₁ семена с неокрашенным алейроном (генотипы **AAbb**, **Aabb**, **aabb** в соотношении 1:2:1);
- о) если генотипы P: ♀ **Aabb**, ♂ **aabb**, то в F₁ семена с неокрашенным алейроном (генотипы **Aabb**, **aabb** в соотношении 1:1);
- п) если генотипы P: ♀ **aabb**, ♂ **aabb**, то в F₁ семена с неокрашенным алейроном (генотип **aabb**).

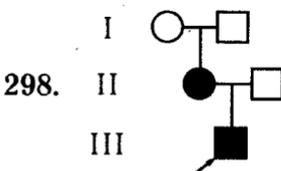
295. 1) Окраска плода наследуется по типу эпистатического взаимодействия генов;
 2) если ген, контролирующий окраску плодов, обозначить как **A**, а эпистатичный ген — **I**, то:
 а) генотипы P: ♀ **AAII**, ♂ **aa ii**;
 б) генотипы F₁: **AaIi**;
 в) генотипы F₂: **AAII** : **AAIi** : **AAii** : **AaII** : **AaIi** : **Aa ii** : **aaII** : **aaIi** : **aa ii** в соотношении 1:2:1:2:4:2:1:2:1.
296. 1) Окраска семян наследуется по типу эпистатического взаимодействия генов;
 2) если ген, контролирующий окраску семян, обозначить как **A**, а эпистатичный ген — **B**, то генотипы растений с пурпурными семенами **AAbb** или **Aabb**.

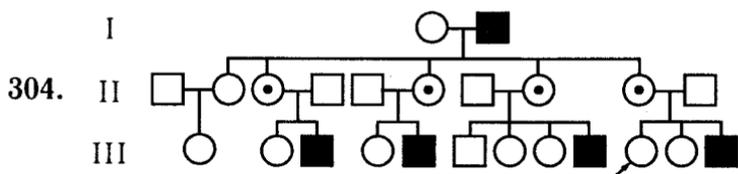
СОСТАВЛЕНИЕ И АНАЛИЗ РОДОСЛОВНЫХ

Анализ родословных

297. 1) Признак наследуется по аутосомно-рецессивному типу.
 2) Признак наследуется по аутосомно-доминантному типу.
 3) Признак наследуется по аутосомно-рецессивному типу.
 4) Признак наследуется по аутосомно-доминантному типу.
 5) Признак наследуется по X-рецессивному типу.
 6) Признак наследуется по аутосомно-рецессивному типу.
 7) Признак наследуется по аутосомно-доминантному типу.

Составление родословных





ЦИТОПЛАЗМАТИЧЕСКАЯ НАСЛЕДСТВЕННОСТЬ

305. 1) Все растения фертильные;
 2) 1(фертильные) : 1(стерильные);
 3) все растения стерильные;
 4) все растения фертильные.
306. Генетическая система отцовского растения $\text{ЦИТ}^S\text{Rfrf}$ или $\text{ЦИТ}^N\text{Rfrf}$.
307. 1) Генотипы скрещиваемых растений: ♀ $\text{ЦИТ}^S\text{rfrf}$, ♂ $\text{ЦИТ}^S\text{Rfrf}$ или $\text{ЦИТ}^N\text{Rfrf}$;
 2) фенотипы гибридов, полученных от скрещивания потомков F_1 между собой: фертильные и стерильные в соотношении 3:1.
308. 1) Растение с генетической системой $\text{ЦИТ}^S\text{rfrf}$ для восстановления его фертильности нужно скрестить с растением, имеющим генетическую систему $\text{ЦИТ}^S\text{Rfrf}$ или $\text{ЦИТ}^N\text{Rfrf}$;
 2) стерильное растение с генетической системой $\text{ЦИТ}^S\text{rfrf}$ для закрепления его стерильности нужно скрестить с растением, имеющим генетическую систему $\text{ЦИТ}^S\text{rfrf}$ или $\text{ЦИТ}^N\text{rfrf}$.
309. 1) Вероятность получения фертильных растений 50%;
 2) вероятность получения фертильных растений 100%.
310. 1) Вероятность появления стерильных потомков 100%;
 2) вероятность появления стерильных потомков 100%.
311. 1) 3 (полустерильные) : 1 (стерильные);
 2) все полустерильные;
 3) 9 (фертильные) : 6 (полустерильные) : 1 (стерильные);
 4) 3 (фертильные) : 1 (полустерильные);

- 5) все фертильные;
6) все стерильные.
312. 1) Стерильные и полустерильные в соотношении 3:1;
2) все полустерильные;
3) фертильные и полустерильные в соотношении 1:1;
4) все фертильные.
313. 1) Вероятность появления стерильных потомков $1/8$;
2) вероятность появления стерильных потомков 0.
314. 1) Вероятность появления фертильных потомков $1/2$;
2) вероятность появления фертильных потомков 0.

ГЕНЕТИКА ПОПУЛЯЦИЙ

Тестовые задания

- | | | | |
|------|-------|-------|-------|
| 1. а | 6. б | 11. в | 16. в |
| 2. в | 7. в | 12. в | 17. б |
| 3. в | 8. а | 13. в | |
| 4. в | 9. б | 14. б | |
| 5. в | 10. в | 15. а | |

Определение частот генов и генотипов в панмиктической популяции

315. 1) $q = 0,64$; 2) $q = 0,56$; 3) $q = 0,38$; 4) $q = 0,87$.
316. 1) $p = 0,5$; $q = 0,5$; 3) $p = 0,5$; $q = 0,5$;
2) $p = 0,5$; $q = 0,5$; 4) $p = 0,5$; $q = 0,5$.
317. $p = 0,5$; $q = 0,5$.
318. 1) $p = 0,8$; $q = 0,2$; 7) $p = 0,36$; $q = 0,64$;
2) $p = 0,7$; $q = 0,3$; 8) $p = 0,44$; $q = 0,56$;
3) $p = 0,9$; $q = 0,1$; 9) $p = 0,8$; $q = 0,2$;
4) $p = 0,375$; $q = 0,625$; 10) $p = 0,87$; $q = 0,13$;
5) $p = 0,3$; $q = 0,7$; 11) $p = 0,77$; $q = 0,23$;
6) $p = 0,25$; $q = 0,75$; 12) $p = 0,84$; $q = 0,16$.

319. 1) $0,2 (AA) + 0,64 (Aa) + 0,16 (aa)$;
 2) $0,6 (AA) + 0,32 (Aa) + 0,08 (aa)$;
 3) $0,4225 (AA) + 0,455 (Aa) + 0,1225 (aa)$;
 4) $0,5625 (AA) + 0,375 (Aa) + 0,0625 (aa)$;
 5) $0,16 (AA) + 0,48 (Aa) + 0,36 (aa)$;
 6) $0,04 (AA) + 0,32 (Aa) + 0,64 (aa)$;
 7) $0,1 (AA) + 0,18 (Aa) + 0,81 (aa)$;
 8) $0,09 (AA) + 0,42 (Aa) + 0,49 (aa)$;
 9) $0,36 (AA) + 0,48 (Aa) + 0,16 (aa)$;
 10) $0,36 (AA) + 0,48 (Aa) + 0,16 (aa)$.
320. 1) $p = 0,8; q = 0,2$; 4) $p = 0,3; q = 0,7$;
 2) $p = 0,7; q = 0,3$; 5) $p = 0,2; q = 0,8$.
 3) $p = 0,4; q = 0,6$;
321. $p = 0,5$.
322. Частота встречаемости доминантной аллели 0,8.
323. Частота встречаемости рецессивной аллели $\approx 0,17$.
324. $qs = 0,1$.
325. Частота встречаемости доминантных гомозигот 0,01.
326. Частота встречаемости гомозиготных растений $\approx 0,657$.
327. $2pq \approx 0,162$.
328. 1) 0,4; 2) 0,6; 3) 0,36; 4) 0,16; 5) 0,48.
329. Частота встречаемости альбиносов 0,0000000025.
330. Частота встречаемости лиц, чувствительных к вкусу фенилтиомочевины — 62,5%.

Определение генетической структуры панмиктической популяции

331. $0,36 (AA) + 0,48 (Aa) + 0,16 (aa)$.
332. $0,73 (AA) + 0,25 (Aa) + 0,02 (aa)$.
333. $0,49 (AA) + 0,42 (Aa) + 0,09 (aa)$.
334. $0,819 (AA) + 0,172 (Aa) + 0,009 (aa)$.
335. $0,48 (AA) + 0,43 (Aa) + 0,09 (aa)$.

336. Генетическая структура:
 западноевропейской популяции —
 $0,4624 (AA) + 0,4352 (Aa) + 0,1024 (aa)$;
 северно-китайской популяции —
 $0,0004 (AA) + 0,0392 (Aa) + 0,9604 (aa)$;
 корейской популяции —
 $0,0016 (AA) + 0,0768 (Aa) + 0,9216 (aa)$.
337. Частота встречаемости в США гетерозиготных носителей гена предрасположенности к сахарному диабету 0,4982.
338. $0,64 (AA) + 0,32 (Aa) + 0,04 (aa)$.
339. Генетическая структура:
 популяции австралийских аборигенов —
 $0,0961 (AA) + 0,4278 (AO) + 0,4761 (OO)$;
 популяции индейцев племени ута —
 $0,0001 (AA) + 0,0198 (AO) + 0,9801 (OO)$;
 популяции индейцев племени навахо —
 $0,0144 (AA) + 0,2112 (AO) + 0,7744 (OO)$;
 популяции бушменов —
 $0,0081 (BB) + 0,1638 (BO) + 0,8281 (OO)$.
340. а) $p = 0,94$; $q = 0,06$;
 б) частота встречаемости в популяции гетерозиготных носителей рецессивной аллели 0,1128;
 в) $0,8836 (AA) + 0,1128 (Aa) + 0,0036 (aa)$.

Определение генетической структуры популяции при условии самооплодотворения особей

341. При самоопылении растения с генотипом Aa соотношение генотипов в F_7 будет $127 (AA) : 2 (Aa) : 127 (aa)$.
342. 1) Соотношение генотипов не изменится и останется прежним — $1 (AA) : 2 (Aa)$;
 2) $31 (AA) : 2 (Aa) : 15 (aa)$;
 3) $79 (AA) : 2 (Aa) : 15 (aa)$.
343. Соотношение генотипов через 10 лет —
 $3071 (AA) : 2 (Aa) : 3071 (aa)$.

344. При условии самооплодотворения особей в пятом поколении соотношение генотипов в первой популяции будет $0,395 (AA) : 0,01 (Aa) : 0,595 (aa)$, во второй — $0,3978 (AA) : 0,0044 (Aa) : 0,5978 (aa)$.

345. 1) а) При условии панмиксии —
 $0,36 (AA) + 0,48 (Aa) + 0,16 (aa)$;
б) при условии самооплодотворения особей —
 $0,6 (AA) + 0,4 (aa)$;
- 2) а) при условии панмиксии —
 $0,4225 (AA) + 0,455 (Aa) + 0,1225 (aa)$;
б) при условии самооплодотворения особей —
 $0,6125 (AA) + 0,075 (Aa) + 0,3125 (aa)$;
- 3) а) при условии панмиксии —
 $0,3025 (AA) + 0,495 (Aa) + 0,2025 (aa)$;
б) при условии самооплодотворения особей —
 $0,5 (AA) + 0,09 (Aa) + 0,41 (aa)$.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Абрамова Э. В.* Генетика. Программированное обучение. М., Агропромиздат, 1985.
2. *Ватти К. В., Тихомирова М. М.* Руководство к практическим занятиям по генетике. М., Просвещение, 1972.
3. *Гуляев Г. В.* Генетика. М., Колос, 1984.
4. *Дубинин Н. П.* Горизонты генетики. М., Просвещение, 1970.
5. *Киселева З. С., Мягкова А. Н.* Генетика. М., Просвещение, 1977.
6. *Лобашов М. Е., Ватти К. В., Тихомирова М. М.* Генетика с основами селекции. М., Просвещение, 1979.
7. *Лобашов М. Е.* Генетика. Изд-во ЛГУ, 1963.
8. *Приходченко Н. Н., Шкурат Т. П.* Основы генетики человека. Ростов-на-Дону, Феникс, 1997.

СОДЕРЖАНИЕ

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ГЕНЕТИКИ	3
ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РЕШЕНИЮ ГЕНЕТИЧЕСКИХ ЗАДАЧ	5
Основные этапы решения задач по генетике.	7
Оформление задач по генетике	8
<i>Пример решения и оформления задачи</i>	<i>10</i>
МЕНДЕЛЕВСКАЯ ГЕНЕТИКА	12
МОНОГИБРИДНОЕ СКРЕЩИВАНИЕ	12
Вопросы и задания для самоконтроля	14
Задачи для отработки и закрепления навыков оформления решения	21
<i>Основные этапы решения задач</i>	<i>21</i>
<i>Пример решения задачи</i>	<i>22</i>
<i>Задачи для самостоятельного решения</i>	<i>24</i>
Определение генотипа и фенотипа потомков по генотипу и фенотипу родителей	30
<i>Основные этапы решения задач</i>	<i>30</i>
<i>Примеры решения задач</i>	<i>31</i>
<i>Задачи для самостоятельного решения</i>	<i>36</i>
Определение генотипа и фенотипа родителей по генотипу и фенотипу потомков или расщеплению в потомстве	39
<i>Основные этапы решения задач</i>	<i>39</i>
<i>Примеры решения задач</i>	<i>40</i>
<i>Задачи для самостоятельного решения</i>	<i>47</i>
Определение доминантности или рецессивности признака	50
<i>Основные этапы решения задач</i>	<i>51</i>

<i>Примеры решения задач</i>	52
<i>Задачи для самостоятельного решения</i>	61
Определение вероятности появления потомства с заданным признаком.	62
<i>Примеры решения задач</i>	63
<i>Задачи для самостоятельного решения</i>	69
Наследование летальных и сублетальных генов	71
<i>Пример решения задачи</i>	71
<i>Задачи для самостоятельного решения</i>	74
ДИГИБРИДНОЕ СКРЕЩИВАНИЕ	76
Вопросы и задания для самоконтроля	78
Задачи для отработки и закрепления навыков	86
<i>Пример решения задачи</i>	87
<i>Задачи для самостоятельного решения</i>	91
Определение генотипа и фенотипа потомков по генотипу и фенотипу родителей	95
<i>Примеры решения задач</i>	95
<i>Задачи для самостоятельного решения</i>	98
Определение генотипа и фенотипа родителей по генотипу и фенотипу потомков или расщеплению в потомстве	102
<i>Примеры решения задач</i>	102
<i>Задачи для самостоятельного решения</i>	112
Определение доминантности или рецессивности признака	116
<i>Задачи для самостоятельного решения</i>	116
Определение вероятности появления потомства с заданными признаками	117
<i>Примеры решения задач</i>	117
<i>Задачи для самостоятельного решения</i>	122
Наследование летальных и сублетальных генов	124
<i>Пример решения задачи</i>	124
<i>Задачи для самостоятельного решения</i>	126
ПОЛИГИБРИДНОЕ СКРЕЩИВАНИЕ	129
<i>Примеры решения задач</i>	129
<i>Задачи для самостоятельного решения</i>	131

СЦЕПЛЕННОЕ НАСЛЕДОВАНИЕ	134
Вопросы и задания для самоконтроля.	139
Наследование сцепленных признаков	144
<i>Примеры решения задач.</i>	145
<i>Задачи для самостоятельного решения</i>	157
Определение расстояния между генами и порядка их расположения в хромосоме	162
<i>Основные этапы решения задач</i>	162
<i>Примеры решения задач.</i>	163
<i>Задачи для самостоятельного решения</i>	165
Картирование хромосом	166
<i>Основные этапы решения задач</i>	166
<i>Примеры решения задач.</i>	167
<i>Задачи для самостоятельного решения</i>	170
ГЕНЕТИКА ПОЛА.	
НАСЛЕДОВАНИЕ, СЦЕПЛЕННОЕ С ПОЛОМ	172
Вопросы и задания для самоконтроля.	173
Наследование сцепленных с полом признаков.	179
<i>Примеры решения задач.</i>	180
<i>Задачи для самостоятельного решения</i>	185
Наследование ограниченных полом и зависимых от пола признаков	197
<i>Пример решения задачи</i>	197
<i>Задачи для самостоятельного решения</i>	199
ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ГЕНОВ	201
ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ АЛЛЕЛЬНЫХ ГЕНОВ	201
Полное доминирование	201
Неполное (промежуточное) доминирование	201
Кодоминирование	202
ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ НЕАЛЛЕЛЬНЫХ ГЕНОВ	202
Комплементарность	202
Эпистаз	204
Полимерия	205

Вопросы и задания для самоконтроля.	206
Взаимодействие генов	212
<i>Примеры решения задач.</i>	213
<i>Задачи для самостоятельного решения.</i>	221
СОСТАВЛЕНИЕ И АНАЛИЗ РОДОСЛОВНЫХ	242
Анализ родословных	242
<i>Основные этапы решения задач.</i>	244
<i>Пример решения задачи.</i>	244
<i>Задачи для самостоятельного решения.</i>	245
Составление родословных.	247
<i>Правила составления родословных.</i>	247
<i>Пример решения задачи.</i>	248
<i>Задачи для самостоятельного решения.</i>	250
ЦИТОПЛАЗМАТИЧЕСКАЯ НАСЛЕДСТВЕННОСТЬ	252
Вопросы и задания для самоконтроля.	254
<i>Основные этапы решения задач.</i>	255
<i>Примеры решения задач.</i>	256
<i>Задачи для самостоятельного решения.</i>	259
ГЕНЕТИКА ПОПУЛЯЦИЙ	263
Вопросы и задания для самоконтроля.	265
Определение частот генов и генотипов в панмиктической популяции	268
<i>Основные этапы решения задач.</i>	268
<i>Примеры решения задач.</i>	268
<i>Задачи для самостоятельного решения.</i>	274
Определение генетической структуры панмиктической популяции	277
<i>Основные этапы решения задач.</i>	277
<i>Пример решения задачи.</i>	278
<i>Задачи для самостоятельного решения.</i>	279
Определение генетической структуры популяции при условии самооплодотворения особей	281
<i>Основные этапы решения задач.</i>	281

Примеры решения задач	282
Задачи для самостоятельного решения	288
ОТВЕТЫ И РЕШЕНИЯ	290
МЕНДЕЛЕВСКАЯ ГЕНЕТИКА	290
МОНОГИБРИДНОЕ СКРЕЩИВАНИЕ	290
Тестовые задания	290
Задачи для отработки и закрепления навыков оформления решения	290
Определение генотипа и фенотипа потомков по генотипу и фенотипу родителей	291
Определение генотипа и фенотипа родителей по генотипу и фенотипу потомков или расщеплению в потомстве	292
Определение доминантности или рецессивности признака	293
Определение вероятности появления потомства с заданным признаком	295
Наследование летальных и сублетальных генов	296
ДИГИБРИДНОЕ СКРЕЩИВАНИЕ	296
Тестовые задания	296
Задачи для отработки и закрепления навыков	297
Определение генотипа и фенотипа потомков по генотипу и фенотипу родителей	297
Определение генотипа и фенотипа родителей по генотипу и фенотипу потомков или расщеплению в потомстве	303
Определение доминантности или рецессивности признака	306
Определение вероятности появления потомства с заданными признаками	307
Наследование летальных и сублетальных генов	308
ПОЛИГИБРИДНОЕ СКРЕЩИВАНИЕ	309
СЦЕПЛЕННОЕ НАСЛЕДОВАНИЕ	310
Тестовые задания	310

Наследование сцепленных признаков	310
Определение расстояния между генами и порядка их расположения в хромосоме	314
Картирование хромосом	314
ГЕНЕТИКА ПОЛА.	
НАСЛЕДОВАНИЕ, СЦЕПЛЕННОЕ С ПОЛОМ	315
Тестовые задания.	315
Наследование сцепленных с полом признаков.	315
Наследование ограниченных полом и зависимых от пола признаков	327
ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ГЕНОВ	328
Тестовые задания.	328
СОСТАВЛЕНИЕ И АНАЛИЗ РОДОСЛОВНЫХ.	337
Анализ родословных	337
Составление родословных.	337
ЦИТОПЛАЗМАТИЧЕСКАЯ НАСЛЕДСТВЕННОСТЬ	339
ГЕНЕТИКА ПОПУЛЯЦИЙ	340
Тестовые задания.	340
Определение частот генов и генотипов в панмиктической популяции	340
Определение генетической структуры панмиктической популяции	341
Определение генетической структуры популяции при условии самооплодотворения особей	342
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	344

Серия «Биология»

Олег Вячеславович Гончаров

Генетика

Задачи

Гл. редактор *Э.Г. Донецкая*. Вып. редактор *С.В. Лихобаба*.
Дизайн обложки *Ю.В. Межуева*. Худ. редактор *Ю.В. Межуева*.
Корректор *И.А. Пивоварова*. Комп. верстка *С.В. Лихобаба*.

Диапозитивы предоставлены издательством.

Лицензия ИД № 01856 от 25.05.2000. Подписано в печать 17.11.2004.
Формат 60×90/16. Гарнитура Literaturnaya. Бумага тип. №2.
Печать офсетная. Усл. печ. л. 22,0. Заказ № 14099. Тираж 8000 экз.

ОАО «Издательство «Лицей»»

Тел./факс: (845-2) 27-26-44, 27-10-62. <http://www.licey.net>

Государственное унитарное предприятие
ордена Трудового Красного Знамени полиграфический комбинат
Министерства Российской Федерации по делам печати,
телерадиовещания и средств массовых коммуникаций.
410004, Саратов, ул. Чернышевского, 59.