**МУНИЦИПАЛЬНОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ГОРОДА ГОРЛОВКИ**

**«ШКОЛА № 42»**

**СБОРНИК ЗАДАЧ**

**ПО**

**ГЕНЕТИКЕ**

Составитель:
учитель биологии
Кириенко Елена Валериевна

**«Сборник задач по генетике»** — учебно-методическое пособие, выпущенное в 2021 году.

В сборнике представлены задачи, которые рассматривают:

- основные понятия и символы в генетике;

- моногибридное скрещивание;

- дигибридное скрещивание;

- полигибридное скрещивание;

- наследование групп крови у человека, кодоминирование;

- взаимодействие неаллельных генов;

- плейотропия;

- наследование сцепленных генов. явление кроссинговера;

- наследование генов, сцепленных с полом;

- генетика популяций;

- пенетрантность;

- молекулярная биология;

- задачи для самостоятельного решения;

- задачи на повторение

Пособие предназначено для обучающихся муниципальных общеобразовательных учреждений, студентов медицинских вузов.

**ВВЕДЕНИЕ**

 Наследственность – вечная загадка для человека, предмет его постоянных размышлений, поисков, ошибок, и побед. Наследствен­ность и изменчивость изучает наука *генетика*. Генетика по праву может считаться одной из самых важных областей биологии.

 Тайны происхождения жизни в течение многих веков тщатель­но оберегались природой, и человек был не в силах найти ключ к заветному ларчику. О том, что наследственность существует, говорили бесчисленные факты. На протяжении тысячелетий че­ловек пользовался генетическими методами для улучшения пород домашних животных и сортов возделываемых растений, не имея представления о механизмах, лежащих в основе этих методов. Судя по разнообразным археологическим данным, уже 6000 лет назад люди понимали, что некоторые физические признаки могут передаваться от одного поколения другому.

 И вот в этой области за очень короткий промежуток времени, не более чем за 150 лет, был сделан ряд ошеломляющих по своим мас­штабам открытий. К ним прежде всего следует отнести разгадку законов наследственности строения ДНК, установление роли хро­мосом и генов, прояснение тайны размножения клетки и передачи генетической информации.

 Большая часть открытий в генетике была сделана в опытах на растениях, на маленькой мушке дрозофиле, на микробах. В какой мере вскрытые механизмы наследования у этих организмов могут быть характерны для человека? Если признать, что ген является основной единицей наследственности, то принципы наследования универсальны как для микробов, растений, животных, так и для человека. Люди хотели получить ответы на вопросы: почему дети похожи на своих родителей и отдаленных предков? Как осущест­вляется передача черт внешнего сходства, крепкого здоровья и на­следственных заболеваний? Как объяснить рождение близнецов, похожих друг на друга как две капли воды? Почему вредны родс­твенные браки? Как предупредить возникновение наследственных заболеваний? Существуют ли методы их лечения? Каждый вопрос сложен и является уравнением со многими неизвестными.

 В сборнике задач представлены ответы на вопросы, касающиеся наследственности человека. Изучение наследственности человека представляет значительные трудности, так как на людях нельзя проводить прямые эксперименты.

 В настоящее время в большей или меньшей степени изучен ха­рактер наследования у человека более чем 2000 признаков, нор­мальных и патологических.

 Медики и генетики разработали методы, которые помогают диагностировать наличие у плода хромосомных и биохимических аномалий даже в период внутриутробного развития. Если уже в раннем возрасте индивида обнаружены отклонения в хромосомах, то возможно лечение, которое частично или полностью устраняет тяжелые заболевания.

 Для генетиков представляет интерес изучение родословных. Причем наглядность этих родословных обеспечивается четким на­следованием какого – либо характерного признака. В качестве при­мера можно привести известную родословную европейских царс­твенных фамилий, ведущих род от королевы Виктории (1819 – 1901 гг.). Королева Виктория – последняя наследница Ганноверс­кой династии в Англии. Эта родословная демонстрирует передачу наследственного заболевания гемофилии (нарушение свертывае­мости крови).

 Гемофилией страдают только лица мужского пола, в то время как женщины являются лишь ее носителями, то есть мать переда­ет болезнь. Королева Виктория «наделила» этой болезнью многих мужчин своего рода. Среди страдавших этим заболеванием был це­саревич Алексей – сын русского царя Николая II и царицы Алек­сандры Федоровны (Алисы) Романовых, – унаследовавший ген гемофилии от своей прародительницы королевы Виктории.

 Решение задач и выполнение упражнений по генетике – инте­ресная и важнейшая форма учебной работы. Она способствует глу­бокому усвоению знаний, активизирует познавательную деятель­ность учащихся. В процессе такой работы лучше усваивается тер­минология, приобретаются умения предвидеть и анализировать процессы, устанавливать связи между отдельными явлениями на­следственности.

 Сборник задач по генетике состоит из двух частей.

 В первой части рассматривается теоретический базовый материал, приводятся образцы решения некоторых задач, а также предлагают­ся задачи для самостоятельного решения (их нумерация сквозная).

 Во второй части предоставлены ответы и ход решения задач по генетике и молекулярной биологии, предложенных для самостоя­тельного решения.

 Это дает возможность использовать пособие как учащимися обще­образовательных школ, так и учителями биологии.

 Задачи и упражнения составлены и подобраны на основе данных по генетике растений, животных и человека, а также молекулярной генетике, биохимии.

 В связи с этим в настоящем издании к каждому типу задач при­водятся теоретические положения, даются методические рекомен­дации.

**Глава 1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И СИМВОЛЫ В ГЕНЕТИКЕ**

 Чтобы успешно решать генетические задачи, необходимо позна­комиться с понятиями и символами.

 Связь между поколениями при половом размножении осуществ­ляется через гаметы.

 *Гамета* – зрелая половая клетка.

 *Ген* – участок молекулы ДНК (или РНК у некоторых вирусов и фагов), содержащий информацию о первичной структуре одного белка или одной молекулы РНК. Это основная единица наслед­ственности для данного признака.

 *Локус* – место в хромосоме, которое занимает ген. Каждый ген имеет строго определенное место.

 *Аллельные гены* – гены, определяющие альтернативные при­знаки, например желтую и зеленую окраску плода, голубой и ка­рий цвет глаз.

 *Аллель* – состояние гена. Аллельных состояний минимум два: доминантное и рецессивное. Их обозначают одной и той же буквой латинского алфавита: доминантные – большой, а рецессивные – малой. Например: А – аллель карего цвета глаз, *а* – аллель голу­бого цвета глаз.

 В некоторых случаях число аллелей может быть большим. На­пример, ген группы крови имеет три аллеля: два доминантных – А и В и один рецессивный – О. В любом случае одна особь не мо­жет иметь более двух аллельных генов по данному признаку.

 *Гомозигота* – особь, имеющая два одинаковых аллеля; клет­ка, возникающая при слиянии гамет, которые несут одинаковые аллели.

 *Гетерозигота* – клетка или особь, содержащая разные аллели (А*а*, В*b*) одного или нескольких генов, дает гаметы разного типа и расщепление в потомстве.

 *Доминантный признак* – признак, проявляющийся как в гомо -, так и в гетерозиготном состоянии.

 *Рецессивный признак* – признак, который проявляется только в гомозиготном состоянии.

 *Генотип* – генетическая структура организма, совокупность его генов.

 *Фенотип* – совокупность признаков и свойств организма, про­являющаяся при взаимодействии организма со средой обитания.

 Для генетического анализа наследования некоторых признаков при скрещивании двух организмов разного пола применяют такую символику:

1. Процесс скрещивания обозначают знаком «*х*».

2. Составляя схему скрещивания, на первое место ставят сим­вол женского организма – (зеркало богини красоты Венеры), на второе место ставят символ мужского организма –

(щит и копье бога войны Марса).

 Для человека приняты обозначения: – женский организм; – мужской организм.

3. Родительские организмы обозначают буквой Р (от *лат*. Pa­rentale – родительский).

4. Потомство от этих родителей обозначают буквой F (от *лат*. Filiale – дочерний) с цифровым индексом, который обозначает по­рядковый номер гибридного поколения (F1, F2, F3 и т. д.).

5. В случае неполного доминирования используют символ « – » (отрицания) из математической логики. Например: $\overbar{А}$ – не доми­нантный, не рецессивный, а промежуточный.

 Большинство генетических задач имеет вероятностный харак­тер. Их решение заключается в определении вероятности наследо­вания отдельных признаков. Примеры наследования некоторых аутосомных признаков приведены в таблице 1.

*Таблица* 1

***Полное доминирование признаков у человека.***

***Альтернативные признаки***

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Признак | Доминантный | Рецессивный |
| 1 | 2 | 3 |
| Глаза | большие | маленькие |
|  | карий цвет | голубой или серый цвет |
|  | глаукома | отсутствие глаукомы |
|  | астигматизм | отсутствие астигматизма |
|  | катаракта | отсутствие катаракты |
|  | нормальное цветовое зрение | цветовая слепота |
| Слух  | нормальный слух | врождённая глухота |
| Строение скелета | карликовый рост | нормальный рост |
|  | полидактилия (шестипалость) | нормальное число пальцев |
|  | брахидактилия (укороченные пальцы) | нормальная длина пальцев |
|  | праворукость | леворукость |
| Кожа, волосы | тёмные волосы | светлые волосы |
|  | не рыжие волосы | рыжие волосы |
|  | нормальная пигментация кожи, волос, глаз | альбинизм (отсутствие пигмента) |
|  | курчавые волосы (у гетерозиготных – волнистые) | прямые волосы |
|  | раннее облысение (у мужчин) | нормальные волосы |
|  | веснушки на лице | отсутствие веснушек |
| Форма носа | «римский» нос | прямой нос |
| Губы  | толстые | тонкие |
| Кровеносная и дыхательная системы | резус – положительная кровь | резус – отрицательная кровь |
|  | отсутствие аллергии | аллергия |
|  | устойчивость к туберкулёзу | подверженность туберкулёзу |
| Разные заболевания | нормальное состояние здоровья | диабет сахарный |
| Язык  | способность свёртывать язык в трубочку | отсутствие способности свёртывать язык в трубочку |

*Таблица* 2

**Наследование альтернативных признаков у растений и животных**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Объект | Доминантный признак | Рецессивный признак |
| Горох  | жёлтая окраска семян | зелёная окраска семян |
|  | гладкая поверхность семян | морщинистая поверхность семян |
|  | красная окраска венчика | белая окраска венчика |
|  | высокий рост | карликовый рост |
| Томат | круглая форма плода | грушевидная форма плода |
|  | красная окраска плода | жёлтая окраска плода |
|  | высокий стебель | низкий стебель |
| Дрозофила  | серая окраска тела | чёрная окраска тела |
|  | нормальные крылья | зачаточные крылья |
| Куры  | гороховидный гребень | простой гребень |
|  | оперенные ноги | неоперенные ноги |
| Рогатый скот | чёрная шерсть | красная шерсть |
|  | комолость (безрогость) | наличие рогов |

**Глава 2. МОНОГИБРИДНОЕ СКРЕЩИВАНИЕ**

 *Моногибридным* называют такое скрещивание, при котором родительские организмы различаются лишь по одной паре альтернатив­ных признаков.

Наблюдают полное доминирование, если в первом поколении проявляется лишь доминантный признак. У ряда признаков рас­тений и животных может наблюдаться явление неполного домини­рования, при котором признак у гетерозиготной формы А*а* выра­жен не так сильно, как у гомозиготного доминантного родителя.

**А. Полное доминирование**

 *Примеры решения задач*.

 1. Голубоглазый юноша женился на кареглазой девушке, у отца которой глаза были голубые. От этого брака родился кареглазый ребёнок. Каков генотип ребёнка?

 *Дано*: *Решение*:

А – аллель карего цвета глаз Р А*а* × *аа*

*а* – аллель голубого цвета глаз Гаметы А, *а* *а*

Р – *аа*, А*а* F1 по генотипу А*а* : *аа*

F1 – кареглазый по фенотипу карегл. : голубогл.

*Определить*: генотип F1

1. Сначала запишем условие задачи.

2. Для решения необходимо знать генотипы родителей. По усло­вию отец голубоглазый, следовательно, в его генотипе оба аллельных гена, определяющих цвет глаз, рецессивные, т. е. его генотип – *аа*.

 Мать ребенка кареглазая. Появление этого цвета возможно в 2 – х случаях: а) при условии, что она гомозиготна в отношении этого признака; б) при условии, что она гетерозиготна. Так как отец ма­тери голубоглазый, то у нее один из аллельных генов рецессивный. Значит, мать ребенка гетерозиготна, а ее генотип – А*а*.

3. Запишем генотипы справа от условия задачи.

4. Зная генотипы родителей, можно определить, какие типы гамет у них образуются. У матери гаметы двух типов: А и *а*, у отца только одного типа – *а*.

5. В этом браке возможны дети с двумя генотипами по признаку цвета глаз: А*а* – кареглазые и *аа* – голубоглазые – с равной сте­пенью вероятности.

6. Фенотип ребенка, родившегося в этом браке, известен из условия задачи: кареглазый. Следовательно, его генотип – А*а*.

*Ответ*: генотип ребенка А*а*.

 Чтобы оценить качество усвоения учебного материала, можно на основе содержания рассмотренной выше задачи произвести уст­ий тренинг, ответив на вопросы:

1) Может ли быть голубоглазым ребенок кареглазых родителей?

2) Какова вероятность рождения голубоглазого ребенка у каре­глазых родителей, гетерозиготных по цвету глаз?

3) Может ли родиться кареглазый ребенок у голубоглазых роди­телей?

2. У человека ген полидактилии доминирует над нормальным строением кисти. Определите вероятность рождения шестипалых детей, если оба родителя гетерозиготны.

 *Дано*: *Решение:*

В – аллель полидактилии Р В*b* × В*b*

*b* – аллель нормы Гаметы В, *b* В, *b*

Р – B*b*, B*b* F1 по генотипу 1ВВ : 2В*b* : 1*bb*

 по фенотипу 3 шестипалых : 1 норма

*Определить*: генотип F1

*Ответ*: степень вероятности рождения шестипалых детей с ге­нотипами ВВ, B*b* – 75%, из которых 25% гомозиготны по анали­зируемому признаку (ВВ), 50% гетерозиготны (B*b*).

3. У дурмана, который имел пурпурные цветки, при самоопыле­нии появилось 30 растений с пурпурными и 9 с белыми цветками.

 Какие выводы можно сделать о наследовании окраски цветков у этого вида? Какая часть потомства, имеющая пурпурные цветки, не будет давать расщепление по этому признаку?

 *Дано*: *Решение:*

А – пурпурные цветки Р А*а* × А*а*

*а* – белые цветки Гаметы А, *а* А, *а*

F1 – 30 пурпурных; 9 белых F1 по генотипу АА : 2А*а* : 1*аа*

 по фенотипу 3 пурп. : 1 бел.

*Определить*: генотип F1; наследование окраски цветков

1. У дурмана белая окраска цветков является рецессивным при­знаком, поэтому генотип растения можно обозначить аа.

2. Альтернативная окраска – пурпурная – является доминант­ным признаком и может быть в гомозиготном и в гетерозиготном состоянии – АА и А*а*.

3. В условии задачи сказано, что при самоопылении произошло расщепление 30 к 9, что приблизительно равно соотношению 3 : 1.

4. Согласно II закону Г.Менделя, подобное расщепление при моногибридном скрещивании дадут гетерозиготы.

 Небольшое отклонение от теоретического результата объясняется действием закона больших чисел, согласно которому чем больше объектов (или повторов), тем ближе результат к вероятностно ожи­даемому.

 *Ответ*: пурпурная окраска цветков у дурмана – доминирующий признак, здесь проявляется полное доминирование при моногибридном скрещивании; $\frac{1}{3}$ потомства, имеющая пурпурные цветки, не дает расщепления (генотип АА).

4. Провести цитологический анализ моногибридного скрещива­ния двух гетерозиготных организмов.

 *Цитологический анализ*: за каждый признак организма в ди­плоидных клетках отвечают два гена. Незрелая половая клетка, имеющая диплоидный набор генов, в период созревания вступает в мейотическое деление. В интерфазу мейоза происходит редупликация ДНК, удваиваются хромосомы и соответственно гены.

 В результате I – го мейотического деления происходит расхождение гомологичных хромосом и диплоидная клетка образует две клетки с гаплоидным набором (хромосомы удвоены). В результате II – го деления расходятся матричные ДНК и каждая гаплоидная клетка образует еще две.

 При слиянии гамет диплоидный набор генов в зиготе восстанавливается.

 Р А*а* × А*а*

 Гаметы А, *а* А, *а*

 F1 АА: А*а* : А*а* : *аа*

**ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ**

1. На звероферме родилось 225 норок. Из них 167 были бурые, а 58 – голубовато – серые. Каковы генотипы родителей, если известно, что бурый цвет доминирует над голубовато – серым?

2. В результате скрещивания с одним и тем же черным быком красная корова Буренка родила черного теленка, черная корова Вирка – черного теленка, а черная корова Ириска – красного те­ленка. Что можно сказать о генотипах указанных животных? Ген черной окраски шерсти у крупного рогатого скота доминирует нал геном красной окраски.

3. Каковы генотипы и фенотипы родительской пары морских свинок, если: а) в их потомстве было 25% гладкошерстных и 75% вихрастых свинок; б) в потомстве было 50% гладкошерстных и 50% вихрастых; в) при каких фенотипах и генотипах родителей полу­чится фенотипически однородное – гладкошерстное потомство?

4. У человека умение владеть преимущественно правой рукой доминирует над умением владеть левой рукой. Мужчина правша женится на женщине левше. Определите генотип потомства, родившегося от этого брака.

5. Ген раннего поспевания овса доминирует над геном позднего поспевания. У потомства от скрещивания двух растений произош­ло расщепление, близкое к 1 : 1. А) Что можно сказать о генотипах родительских организмов? б) Каким был бы генотип родителей, если расщепление у потомства 3 : 1?

6. Отец ребенка – гомозиготный резус – положительный (R*h*), мать – резус – отрицательная (*rh*). Определите и объясните: а) Ка­ков генотип и фенотип ребенка? б) Что произойдет в организме ма­тери, если кровь развивающегося в матке зародыша попадает через послед в кровь матери, а кровь матери – в кровь зародыша? в) По­чему второй ребенок от этих родителей может родиться мертвым?

*Примечание.* 1) У резус – положительного человека на эритроцитах крови содержится особый резусный белок, который синтезируется под контролем соответствующего доминантного гена. 2) У резус – отрицательного человека на эритроцитах резусного белка нет. Людей с резус – отрицательной кровью примерно 15%, а с резус – положительной кровью – 85%. 3) Если в кровь резус – отрицательного человека попадает резус – положительная кровь, образуется приобретенный иммунитет (в крови вырабаты­ваются антитела). Молекулы – антитела борются с молекулами резусного белка, происходит разрушение резус – отрицательных эритроцитов. В ре­зультате возникает опасная болезнь – гемолитическая желтуха.

7. Одну из форм наследственной глухонемоты вызывает рецес­сивный ген. От брака глухонемой женщины с нормальным мужчи­ной родились два глухонемых ребенка. Какова вероятность того, что и третий ребенок будет глухонемым?

8. У человека за синтез пигмента меланина отвечает аутосомно – доминантный ген Н. Его рецессивный аллель определяет альби­низм – отсутствие пигментации организма.

В семье родители здо­ровы, дочь имеет темный цвет волос, а два сына – с симптомами альбинизма. Какова вероятность того, что следующий ребенок в этой семье не будет иметь признаков альбинизма?

9. Безрогого быка скрестили с тремя коровами. От скрещивания с рогатой коровой А родился рогатый теленок, от скрещивания с рогатой коровой В – безрогий, а от скрещивания с безрогой коровой С – рогатый. Безрогость доминирует над рогатостью. Запишите генотипы родительских организмов и потомства.

10. Каковы генотипы родителей и детей, если: а) у светловолосой матери и темноволосого отца 5 детей, все темноволосые; б) у голубоглазого отца и кареглазой матери 5 детей, из них 2 ребенка голубоглазые; в) у родителей с не рыжими волосами 4 детей, из них 2 рыжеволосые?

11. Один ребенок в семье родился здоровым, а второй имел тяже­лую наследственную болезнь и умер после рождения. Какова вероятность того, что следующий ребенок в семье будет здоровым, если оба родителя здоровы? Рассматривается одна пара аутосомных генов.

12. Определите (см. рис. 1): а) Какой признак у мышей доминирует: бе­лая или темная окраска шерсти? б) Ка­ковы генотипы Р и F1? в) Каковы будут гибриды F2 по генотипу и фенотипу?

 Рис. 1.

13. У помидоров ген, определяю­щий красный цвет, доминирует над геном желтой окраски. Какого цвета будут плоды у растений, полученных в результате скрещивания гетерозиготных растений, которые име­ют красные плоды, с растениями, имеющими желтые плоды?

14. Определите: а) Какая фор­ма плода томата (шаровидная или грушевидная) доминирует (см. рис. 2)? б) Каковы генотипы роди­телей (Р), гибридов первого поко­ления (F1) и второго (F2)?

 3) Какие генетические закономерности, от­крытые Менделем, проявляются при такой гибридизации?

 Рис. 2.

15. У мексиканского дога от­сутствие шерсти является доми­нантным признаком. Гомозиготы поэтому аллелю летальны. Ка­кое потомство и с какой вероятностью можно ожидать от скрещивания бесшерстных догов между собой?

**Б. Неполное доминирование**

*Пример решения задачи*

1. При скрещивании серого петуха с серой курицей за сезон были получены цыплята серого, белого и черного цвета. Опреде­лите характер наследования оперения у кур и проанализируйте соотношение особей в потомстве.

 *Дано*: *Решение*:

 Р серый × серый Р $\overbar{А}$*а* × $\overbar{А}$*а*

 F1 серые : чёрные : белые Г. $\overbar{А}$, *а* $\overbar{А}$, *а*

 F1 по генотипу $\overbar{А}$ $\overbar{А}$ : $\overbar{А}$*а* : $\overbar{А}$*а* : *аа*
 по фенотипу черн. сер. сер. бел.

*Определить*: генотип, фенотип F1

1. Наблюдается промежуточное наследование, так как в потом­стве произошло расщепление признака серой окраски на три вари­анта. Ген черного цвета проявляет неполное доминирование. А – ген черного цвета, *а* – ген отсутствия окраски оперения. При соче­тании этих генов (генотип А*а*) – серая окраска.

2. Генотипы родительских организмов должны быть А*а*. Прояв­ляется II закон Менделя – закон расщепления.

*Ответ*: окраска оперения у кур наследуется по типу неполного доминирования. Соотношение особей в потомстве по генотипу та­ково: 1$\overbar{А}$ $\overbar{А}$ : 2$\overbar{А}$*а* : *аа*, по фенотипу – 1 черная : 2 серые : 1 белая.

**ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ**

16. При скрещивании петуха и курицы, имеющих пеструю окрас­ку перьев, получено потомство: 3 черных, 7 пестрых и 2 белых цыпленка. Каковы генотипы родителей?

17. Какое потомство F1 и F2 по фенотипу и генотипу получится при скрещивании красноплодной земляники с белоплодной при условии неполного доминирования красной окраски над белой?

18. У земляники красная окраска ягод не полностью доминиру­ет над белой, поэтому аллельные гены в гетерозиготном состоянии определяют розовый цвет плодов. Гибридные растения размножа­ются вегетативно. Какое потомство получит селекционер от расте­ний с розовыми ягодами?

**В. Анализирующее скрещивание**

 При полном доминировании гомозиготные и гетерозиготные особи, несущие доминантные признаки (АА, А*а*), фенотипически неразличимы. Бывают случаи необходимости выяснения генотипа особей. Для этого используют анализирующее скрещивание.

 Анализирующим называют вариант скрещивания с гомози: ной рецессивной формой.

 Если в результате анализирующего скрещивания все поколе оказывается единообразным, то исследуемая особь была гомозиготной (АА).

 Если происходит расщепление по фенотипу 1 : 1, то анализируемая особь имела генотип (А*а*).

*Пример решения задачи*

 Серый цвет тела мухи доминирует над черным. В серии опытов по скрещиванию серой мухи с черной получено 117 серых особей, 120 черных. Определите генотипы родительских форм.

 *Дано*: *Решение*:

А – аллель серой окраски Р А*а* × *аа*

*а* – аллель черной окраски Г. А, *а* *а*

Серые × черные F1 А*а* *аа*

F1 117 серых, 120 черных 1 : 1

*Определить*: генотипы F1

*Ответ:* генотипы родителей – А*а* и *аа*.

**ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ**

19. При разведении пчел, имеющих нормальные крылья, в потомстве четвертая часть особей оказалась с короткими крыльями. Их скрестили с одной из родительских форм, получив в следующем поколении 50% особей с нормальными крыльями и 50% бей с короткими крыльями. Проанализируйте генотипы родительских форм и потомства.

20. Белые и черные куры – гомозиготны. У гетерозигот окраска оперения – голубая, а) Каких кур по окраске оперения надо скрестить, чтобы на ферме иметь однородных по оперению

птиц – только голубых? б) Какое получится потомство по окраске оперения, если голубых кур скрестить с белыми петухами? в) А если скрестить голубых кур с черными?

21. Платиновая окраска (рецессивный признак) шерсти нс красивее и ценится дороже, чем коричневая. Как нужно вести скрещивание, чтобы от имеющейся на ферме стандартной (коричневой) самки и платинового самца в кратчайший срок получить максимальное количество платинового потомства? Почему?

22. В маленьком государстве Лисляндия несколько столетий разводят лис. Мех их идет на экспорт, а деньги от его продажи со­ставляют основу экономики страны. Особенно ценятся серебри­стые лисы. Они считаются национальным достоянием, и провозить их через границу строжайше запрещено. Хитроумный контрабан­дист, основательно изучивший генетику в школе, хочет обмануть таможенников. Он знает азы генетики и предполагает, что сереб­ристая окраска лис определяется двумя рецессивными аллелями гена окраски шерсти. Лисы хотя бы с одним доминантным аллелем обычно рыжие. Что нужно сделать, чтобы получить серебристых лис на родине контрабандиста, не нарушив законов Лисляндии?

23. У человека рецессивный ген l определяет врожденную глухо­немоту. а) Наследственно глухонемой человек женился на женщине с нормальным слухом (L). Ребенок имел нормальный слух. Можно ли определить генотип матери? б) Наследственно глухонемая жен­щина вышла замуж за мужчину с нормальным слухом. Родился глухонемой ребенок. Можно ли определить генотип отца?

24. Мистер Браун купил у мистера Смита черного быка для своего черного стада. Увы, среди 23 родившихся телят оказалось 5 красного цвета. Мистер Браун предъявил претензии мистеру Смиту. «Да, мой бык подкачал, – сказал мистер Смит, – но он виноват наполовину. Половину вины несут ваши коровы». «Нет, мои коровы тут ни при чем», – сказал мистер Браун.

Кто прав в этом споре?

**Глава 3. ДИГИБРИДНОЕ СКРЕЩИВАНИЕ**

 *Дигибридным* *скрещиванием* является скрещивание, при кото­ром анализируется передача одновременно двух признаков в ряду поколений. При анализе наследования можно пользоваться фено­типическим радикалом, т. е. частью генотипа организма, который определяет его фенотип. Например, при генотипе ААВВ и при генотипе А*а*В*b* фенотип будет одинаков (кроме случаев неполного доминирования). Таким образом, можно выразить суть фенотипа радикалом А\_ В\_.

 Есть правило, пользуясь которым можно определить частоту встречаемости тех или иных фенотипов в F2 при дигибридном скрещивании.

 Фенотип, который в фенотипическом радикале не имеет ни одного доминантного гена (например, *ааbb*), имеет частоту, равную 1. Для фенотипов, имеющих доминантные гены в фенотипическом радикале, коэффициент 3 необходимо возвести в степень, равную числу доминантных генов. Например, для радикала А\_*bb* коэффициент будет равен 31= 3, а для радикала А\_ В\_: 32 = 9. Таким образом, расщепление при дигибридном скрещивании можно представить с помощью фенотипических радикалов: 9 А\_ В\_: 3 А\_*bb*: 3*аa*: В\_: 1 *ааbb*.

*Примеры решения задач*

1. Рецессивные гены (*а*) и (*с*) определяют проявление таких заболеваний у человека, как глухота и альбинизм; их доминантный аллели контролируют наследование нормального слуха и синтез пигмента меланина. Гены не сцеплены. Родители имеют нормальный слух; мать – светловолосая, отец – альбинос. Родились трое однояйцовых близнецов, глухих и с признаками альбинизма. Какова вероятность того, что следующий ребенок в этой семье будет иметь обе аномалии?

 *Дано*:

А – аллель нормального слуха

*а* – аллель, определяющий глухоту

С – аллель нормальной пигментации

*с* – аллель, определяющий альбинизм

 А\_ С\_

 А\_ *сс*

F1 *аасс*

*Определить*: вероятность появления в F1 генотипа *аасс*

 *Решение*:

 Определяем генотипы по рецессивному потомству.

 Генотипы родителей неизвестны, поэтому запишем их фенотипические радикалы

 А\_ С\_ × А\_*сс*.

 Дети имеют рецессивные признаки, значит, их генотипы – *аасс*. Согласно правилу чистоты гамет, в потомстве по каждому признаку один ген получен от отца, другой – от матери. Зная генотипы детей и исходя из условия задачи, можно предположить, что один из родителей должен быть гетерозиготен по двум признакам, а другой – иметь генотип А*асс*.

 Для определения генотипов потомства можно использовать решётку, предложенную немецким генетиком Пеннетом (начало XX века), в которой по горизонтали вписывают гаметы одного ро­дителя, а по вертикали другого. А в отдельных клетках решетки аписывают все возможные генотипы.

 Р А*а*С*с* × А*асс*

 Г. АС, А*с*, *ас*, *а*С А*с*, *ас*

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | АС | А*с* | *ас* | *а*С |
| А*с* | ААС*с* | АА*сс* | А*асс* | А*а*С*с* |
| *ас* | А*а*С*с* | А*асс* | *аасс* | *аа*С*с* |

 F1:

 В решетке Пеннета из восьми генотипов один рецессивный по двум признакам: *аасс* = $\frac{1}{8}$, что составляет 12,5%.

 *Ответ*: вероятность рождения ребенка, имеющего оба заболевания, составляет 12,5%. Однояйцовые близнецы развиваются из одной зиготы, поэтому у них генотипы одинаковы.

2. Красная окраска плодов у томатов преобладает над желтой, а шаровидная форма плода – над грушевидной формой. Неаллель­ные гены находятся в разных парах хромосом.

 а) В фермерском хозяйстве выращивали рассаду томатов. Для той цели взяли семена плодов с красной окраской и шаровидных по форме. Впоследствии получили урожай: 7,3 т красных груше­видных и 7,1 т желтых шаровидных томатов. Определите массу красных томатов круглой формы и массу желтых томатов груше­видной формы.

 б) В хозяйстве собрано 1 792 томата, из них 1110 красных шаровидных и 322 красных грушевидных. Определите количество желтых томатов и количество томатов шаровидной формы среди них.

 Дано:

А – аллель красной окраски плода

*а* – аллель желтой окраски плода

В — аллель шаровидной формы

*b* – аллель грушевидной формы

*Определить:* F1

*Решение*:

а) Проанализируем результат.

1) Произошло расщепление признаков у потомства. Запишем генотипы родителей (они являются дигетерозиготами) – А*а*В*b*.

 Чтобы убедиться, что предположение верное, посмотрим на со­отношение двух известных фенотипических проявлений.

 Соотношение массы красных грушевидных плодов (7,3 т) к мас­се желтых шаровидных (7,1 т) составляет примерно 1 : 1.

 Генотипы потомства, указанные в условии задачи, можно запи­сать в виде фенотипических радикалов A\_*bb*, *аа*В\_. Другие феноти­пические проявления у потомства имеют вид 9 А\_В\_,

l *aabb*.

 Итак, получаем:

Р А*а*B*b* × A*a*B*b*

Г. AB, A*b*, *a*B, *ab* AB, A*b*, *a*B, *ab*

F1 по генотипу 9 A\_ B\_: 3 A\_*bb* : 3 *aa*B\_: 1 *aabb*

 по фенотипу красн. шар.: красн. груш. : желт, шар. : желт. груш.

2) Определяем массу красных шаровидных томатов (А\_В\_). На их долю, согласно III закону Менделя, приходится 9 частей. Крас­ных и желтых плодов получено 7,3 + 7,1 = 14,4 т, что составляет 6 час­тей по расщеплению:

 14,4 т – 6 частей,

 *х* т – 9 частей,

 *х* = $\frac{14,4 ∙ 9}{6}$ = 21,6 (т)

3) Определяем массу желтых грушевидных томатов (*ааbb*):

 14,4 т – 6 частей,

 *х* т – 1 часть,

 *х* = $\frac{14,4 ∙ 1}{6}$ = 2,4 (т).

*Ответ*: масса красных томатов шаровидной формы – 21,6 т; масса желтых томатов грушевидной формы – 2,4 т.

б) Так как всего 1 792 томата, из них 1110 А\_ В\_ и 322 А\_ *bb*, то:

1) определим количество красных томатов: 1110 + 322 = 1432;

2) определим количество желтых томатов: 1 792 – 1432 = 360;

3) определим количество желтых шаровидных томатов (*аа*В\_):

 360 т – 4 части,

 *х* т – 3 части,

 *х* = $\frac{360 ∙ 3}{4}$ = 270 (шт.).

*Ответ*: 360 желтых томатов, из них 270 шаровидной формы.

 Ознакомьтесь с таблицами 3, 4. В каждой из них 45 задач. При наличии таких таблиц вам или учителю достаточно назвать только номер задачи.

 Чтобы решить предложенную задачу, необходимо провести мысленно линию по горизонтали влево – там во второй колонке указаны фенотип и генотип матери. Проведя от того же номера линию по вертикали вверх, можно узнать номер фенотипа отца (вторая строка по горизонтали). Фенотипические признаки и генотип отца записаны в соответствующей колонке номера фенотипа и генотипа материнского организма.

Пример решения задачи № 4 (см. таблицу 3).

 Генотип матери А*а*В*b*, ее фенотип: серая, с нормальными кры­льями (номер IV). Для отца номер генотипа и фенотипа – I, а писание генотипа и фенотипа находим в колонке с номером I ге­нотипа и фенотипа матери. Получаем: генотип отца ААВВ, его фенотип: особь с серой окраской тела и нормальными крыльями, гомозиготная по обоим признакам.

 В таблице № 3 указаны генотипы родителей, что облегчает ре­шение задач на начальном этапе обучения. В дальнейшем можно сойтись и без такой подсказки, так как она будет снижать самостоятельность и активность учащихся. Только применять ее можно в целях оказания дифференцированной помощи тем, кто в этом нуждается.

 В таблице № 4 не указаны генотипы родительских организмов, поэтому ее можно использовать при проведении самостоятельных и контрольных работ. Учитель может предложить учащимся са­мим составить аналогичные таблицы по скрещиванию организмов растений, животных, человека.

Примечание

1) В каждой задаче необходимо определить:

а) формулу расщепления гибридного потомства по генотипу;

б) по фенотипу;

в) правила, законы, гипотезы Менделя при такой гибридизации.

2) Данные к таблице № 3 по дигибридному скрещиванию дрозофил (плодовых мух):

А – ген серой окраски

*а* – ген черной окраски

В – ген нормальных крыльев

*b* – ген зачаточных крыльев

3) Гены окраски и размеры крыльев локализованы в двух парах хромосом.

4) Данные к таблице № 4 по дигибридному скрещиванию кроликов.

А – ген черной окраски кроликов

*а* – ген белой окраски кроликов

В – ген мохнатой шерсти

*b* – ген гладкошерстности

Пример решения задачи №13 с использованием таблицы 3.

 *Дано*:

Р *аа*В*b* – черная особь, с нормальными крыльями (№ V)

 А*а*ВВ – серая особь, с нормальными крыльями (№ II)

 Определить: F1

 *Решение*:

Р *аа*В*b* × А*а*ВВ

Г. *а*В, *a*b АВ, *а*В

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | *a*B | *ab* |
| AB | A*a*BB | A*a*B*b* |
| *a*B | *aa*BB | *aa*B*b* |

F1:

*Ответ:* a) F1 по генотипу: 1 А*а*ВВ : 1 А*а*В*b* : 1 *аа*ВВ : 1*aa*B*b*;

б) по фенотипу: 2 серые особи, с нормальными крыльями: 2 чёрные особи, с нормальными крыльями (или 1: 1); в) III – й закон Г. Менделя; гипотеза чистоты гамет.

Таблица № 3

**Задачи на дигибридное скрещивание дрозофил (плодовых мух)**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Номер фенотипа и генотипа матери |  Фенотип и генотип отцаФенотип и генотип матери | Номер фенотипа и генотипа отца |
|  |  | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX |
| I | Дрозофила с серой окраской тела и нормальными крыльями, гомозиготная по обоим признакам (ААВВ) | № 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| II | Серая особь, с нормальными крыльями, гетерозиготная по I – му признаку, гомозиготная по II – му признаку (А*а*ВВ) | № 2 | № 10 |  |  |  |  |  |  |  |
| III | Серая особь, с нормальными крыльями, гомозиготная по I – му признаку, гетерозиготная по II – му признаку (ААВ*b*) | № 3 | № 11 | № 18 |  |  |  |  |  |  |
| IV | Дигетерозиготная особь, серая, с нормальными крыльями (А*а*В*b*) | № 4 | № 12 | № 19 | № 25 |  |  |  |  |  |
| V | Чёрная особь, с нормальными крыльями, гетерозиготная по II – му признаку (*аа*В*b*) | № 5 | № 13 | № 20 | № 26 | № 31 |  |  |  |  |
| VI | Чёрная особь, с нормальными крыльями, гомозиготная по II – му признаку (*аа*ВВ) | № 6 | № 14 | № 21 | № 27 | № 32 | № 36 |  |  |  |
| VII | Гомозиготная серая, с зачаточными крыльями особь (АА*bb*) | № 7 | № 15 | № 22 | № 28 | № 33 | № 37 | № 40 |  |  |
| VIII | Гетерозиготная серая, с зачаточными крыльями особь (А*аbb*) | № 8 | № 16 | № 23 | № 29 | № 34 | № 38 | № 41 | № 43 |  |
| IX | Чёрная, с зачаточными крыльями особь (*ааbb*) | № 9 | № 17 | № 24 | № 30 | № 35 | № 39 | № 42 | № 44 | № 45 |

Таблица № 4

**Задачи на дигибридное скрещивание кроликов**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Номер фенотипа и генотипа матери |  Фенотип и генотип отцаФенотип и генотип матери | Номер фенотипа и генотипа отца |
|  |  | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX |
| I | Чёрная мохнатая особь, гомозиготная по обоим признакам | № 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| II | Чёрная мохнатая особь, гетерозиготная по I – му признаку, гомозиготная по II – му признаку  | № 2 | № 10 |  |  |  |  |  |  |  |
| III | Чёрная мохнатая особь, гомозиготная по I – му признаку, гетерозиготная по II – му признаку  | № 3 | № 11 | № 18 |  |  |  |  |  |  |
| IV | Дигетерозиготная чёрная мохнатая особь | № 4 | № 12 | № 19 | № 25 |  |  |  |  |  |
| V | Белая мохнатая особь, гетерозиготная по II – му признаку  | № 5 | № 13 | № 20 | № 26 | № 31 |  |  |  |  |
| VI | Белая мохнатая особь, гомозиготная по II – му признаку  | № 6 | № 14 | № 21 | № 27 | № 32 | № 36 |  |  |  |
| VII | Гомозиготная чёрная гладкошерстная особь | № 7 | № 15 | № 22 | № 28 | № 33 | № 37 | № 40 |  |  |
| VIII | Гетерозиготная чёрная гладкошерстная особь  | № 8 | № 16 | № 23 | № 29 | № 34 | № 38 | № 41 | № 43 |  |
| IX | Белая гладкошерстная особь | № 9 | № 17 | № 24 | № 30 | № 35 | № 39 | № 42 | № 44 | № 45 |

**ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ**

25. У морских свинок вихрастая шерсть А доминирует над гладкошерстной *а*, а черная окраска шерсти В – над белой *b*. Вихрастую черную свинку скрестили с вихрастой белой, получили в F*1* 3 вихрастых черных, 3 вихрастых белых, 1 гладкошерстную чёрную, 1 гладкошерстную белую. Определите генотипы родителей и запишите возможные генотипы потомков.

26. Темноволосая кареглазая женщина, гетерозиготная по признаку цвета волос, вступила в брак, со светловолосым кареглазым мужчиной, гетерозиготным по второму признаку. Каковы вероятные генотипы детей?

27. У помидоров Красная окраска плодов А доминирует над жёлтой *а*, нормальный рост В – над карликовым *b*. В потомстве среди гибридов 25% растений оказались нормального роста и с красными плодами; 25% растений – нормального роста и с желтыми пло­дами; 25% – карликовых растений с желтыми плодами; 25% – карликовых растений с красными плодами. Каковы генотипы роди­телей и гибридов?

28. Имеются черные длинношерстные кошки и сиамские корот­кошерстные. И те и другие гомозиготны по длине шерсти и окраске. Известно, что черный цвет и короткошерстность доминантны. Пред­ложите систему скрещивания для выведения породы длинношерс­тных кошек с окраской шерсти, характерной для сиамских кошек.

29. У собак черная окраска шерсти определяется геном В, корич­невая – *b*, сплошная – С, пегая – *с*. Коричневый отец и черно – пе­гая мать имеют 5 щенков: 1 черного, 1 коричневого, 2 коричнево – пе­гих, 1 черно – пегого. Каковы генотипы родителей и потомства?

30. Темноволосая женщина с кудрявыми волосами, гетерозигот­ная по первому признаку, вступила в брак с мужчиной, имеющим темные прямые волосы, гетерозиготным по первому аллелю. Како­вы вероятные генотипы детей?

31. Напишите возможные генотипы человека, если по фенотипу у него: а) большие карие глаза; б) большие голубые глаза; в) тонкие губы и прямой нос; г) тонкие губы и «римский» нос.

32. У собак черный цвет шерсти доминирует над бурым, а короткая шерсть – над длинной. Владелец купил черную собаку с короткой шерстью и хочет узнать, не несет ли она генов бурого цвета и длинной шерсти. Какую собаку по фенотипу и генотипу нужно подобрать для скрещивания, чтобы проверить генотип купленной собаки?

33. У пшеницы безостость доминирует над остистостью, а крас­ная окраска колоса – над белой. Безостое белоколосое растение, скрещенное с остистым красноколосым, дало 32 безостых красно­колосых и 33 безостых белоколосых растений. Определите геноти­пы родителей.

34. У человека карий цвет глаз доминирует над голубым, а бли­зорукость – над нормальным зрением. В семье, где у отца карие глаза и нормальное зрение, а мать близорукая и голубоглазая, родилось двое голубоглазых детей, один из которых оказался бли­зоруким. Определите генотипы родителей и детей.

35. У крупного рогатого скота ген комолости доминирует над геном рогатости, а черная масть – над красной. В хозяйстве от рогатых красных коров получено 984 теленка. Из них: красных –

472, комолых – 483, рогатых – 501. Определите генотипы роди­телей и количество черных телят (в %).

36. Мужчина с курчавыми волосами и II группой крови женился на женщине с прямыми волосами и IV группой крови. Дети от это­го брака имели волнистые волосы; один ребенок родился с III груп­пой крови, другой имел II группу крови. Определите генотипы ро­дителей и потомства.

37. У резус – положительных родителей со II группой крови ро­дился резус – отрицательный ребенок с I группой крови. Определи­те генотипы родителей и возможные генотипы детей.

38. Пользуясь рисунком 3, решите задачу.

а) Какие признаки плодов тыквы доминируют? б) Каковы гено­типы Р, F1, F2? в) Какие правила, гипотезы, законы проявляются в данном случае? (Гены изображенных признаков наследуются неза­висимо. Желтые плоды закрашены).



 Рис. 3.

**Глава 4. ПОЛИГИБРИДНОЕ СКРЕЩИВАНИЕ**

 Скрещивание родительских организмов, которые различаются несколькими альтернативными признаками, называется *полигибридным.*

 *Примеры, решения задач*

1. Высокорослое растение душистого горошка с желтыми глад­кими семенами скрестили с карликовым растением, имеющим зеленые гладкие семена. В потомстве получено $\frac{3}{8}$ высоких рас­тений с зелеными гладкими семенами, $\frac{3}{8}$ карликовых растений с зелеными круглыми, $\frac{1}{8}$ высоких растений с зелеными морщи­нистыми семенами, $\frac{1}{8}$ низкорослых растений с зелеными морщи­нистыми семенами. Каковы генотипы родительских организмов?

 *Дано*:

А – ген зеленой окраски семян

*а* – ген желтой окраски семян

В – ген гладкой формы семян

*b* – ген морщинистой формы семян

Т – ген высокорослости

*t* – ген карликовости

*Определить*: генотипы Р, F1

*Решение*:

1) Запишем с помощью фенотипических радикалов генотипы и фенотипы родительских организмов и их потомства F1.

Р *аа* В\_Т\_ × A\_B\_*tt*

 по фенотипу желт, гладк. высокорос. зел. гладк. низкоросл.

F1 $\frac{3}{8}$ А\_В\_Т\_ – зеленые гладкие высокорослые

 $\frac{3}{8}$ A\_B\_*tt* – зеленые гладкие низкорослые

 $\frac{1}{8}$ А\_*bb*Т\_ – зеленые морщинистые высокорослые

 $\frac{1}{8}$ A\_*bbtt* – зеленые морщинистые низкорослые

2) Расщепление у потомков происходит по признакам высоты стебля и формы семян. Поэтому материнское растение будет гете­розиготно по высоте стебля (T*t*) и форме семян (В*b*), а отцовское гомозиготно по окраске (АА) и гетерозиготно по форме (В*b*).

3) Запишем генотипы родительских форм:

Р *аа*В*b*Т*t* × AAB*btt*

Чтобы проверить правильность решения, построим решетку Пеннета, где запишем все возможные типы гамет:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *a*BT | *ab*T | *а*B*t* | *аbt* |
| АB*t* | А*a*BBT*t* | А*a*B*b*T*t* | А*а*BB*tt* | A*а*B*btt* |
| A*bt* | А*а*B*b*T*t* | А*аbb*T*t* | A*а*B*btt* | A*аbbtt* |

*Ответ*: генотипы Р: *aa*B*b*T*t*, AAB*btt*.

2. У томатов красный цвет плодов определяется доминантным геном – V, а желтый – рецессивным геном υ; высокий стебель – доминантным геном – D, карликовый – рецессивным геном *d*; гладкая кожица плодов – доминантным геном Н, опушенная – рецессивным геном *h*. Скрестили сорт томата, имеющий красную окраску плодов, высокий стебель и гладкую кожицу, с сортом, у которого желтые плоды, карликовый рост и опушенная кожица. Растения были гомозиготны по всем этим признакам. Каков гено­тип F*1* и какая часть потомства в F2 будет с генотипом *υυddhh*?

Р DDHHVV × *ddhhυυ*

Г. DHV *dhυ*

F1 D*d*H*h*V*υ*

 Задачу можно решить, построив решетку Пеннета или исполь­зуя закон вероятности.

 Так как вероятность образования рецессивных гамет *υdh* у гиб­ридов равна

$\frac{1}{4}$ ⋅ $\frac{1}{4}$ ⋅ $\frac{1}{4}$ = $\frac{1}{64}$, то вероятность появления осо­бей в поколении F2 с генотипом *ddhhυυ* составит $\frac{1}{64}$.

*Ответ*: генотип F2 – D*d*H*h*V*υ*; $\frac{1}{64}$ потомков в F2 будут иметь генотип *ddhhυυ.*

3. Тетрагибрид M*m*N*n*P*p*R*r* скрещен с особью, рецессивной по 4 генам.

а) Определить расщепление в F1 поколении. Сколько разных фенотипов и в каком соотношении образуется? б) Какая часть по­томства имеет все 4 доминантных признака? в) Какая часть потом­ства имеет 4 рецессивных признака?

 *Решение*:

Р M*m*N*n*P*p*R*r* × *mmnnpprr*

Г. MNPR, M*n*PR, M*np*R, M*npr*

 MNP*r*, MN*p*R, MN*pr*, *m*NP*r*

 *m*NPR, *mn*PR, *mnp*R, *mnpr*

 *m*NP*r*, MN*pr*, *m*N*p*R, *m*N*pr*

*Ответ:* a) 16 фенотипов образуется в первом поколении, их соот­ношение равно

1 : 1 : 1 : 1 : 1 : 1 : 1 : 1 : 1 : 1 : 1 : 1 : 1 : 1 : 1 : 1; б) $\frac{1}{16}$ часть потомства имеет 4 доминантных признака; в) $\frac{1}{16}$ часть имеет 4 ре­цессивных признака.

**ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ**

39. Высокорослое растение посевного гороха с желтыми гладки­ми семенами скрестили с карликовым растением, имеющим зеле­ные морщинистые семена. Каковы фенотипы F1 и F2?

40. Сколько генотипов и фенотипов получится при полигибридном скрещивании гетерозигот, когда число независимо наследу­емых признаков равно 3, 4, ... , *n* + 1?

41. У человека карий цвет глаз доминирует над голубым, тем­ные волосы – над светлыми, толстые губы – над тонкими.

а) Определите количество квадратов в решетке Пеннета, что­бы можно было продемонстрировать все возможные комбинации гамет у родителей, гетерозиготных по трем признакам, б) Какая часть теоретически возможного потомства может быть гомозигот­ной по трем доминантным и рецессивным признакам?

**Глава 5. НАСЛЕДОВАНИЕ ГРУПП КРОВИ У ЧЕЛОВЕКА.**

**КОДОМИНИРОВАНИЕ**

 Взаимодействие аллельных генов, благодаря которому прояв­ляется новый признак, называют *кодоминированием*.

 Так, например, четыре группы крови человека определяются тремя аллельными генами (IA, IB, I0). Гены IA, IB доминируют над I0. Но гены IA и IB друг друга не подавляют. Комбинируясь в дипло­идных клетках по два, гены могут образовывать 6 генотипов:

I группа крови – I0I0

II группа – IAIA или IAI0

III группа – IBIB или IBI0

IV группа – IAIB

*Пример решения задачи*

Какие группы крови возможны в семье у детей, если у их матери II группа крови, а у отца – IV группа? Почему?

 *Дано*:

 II гр. IAIA или IAI0

 IV гр. IAIB

*Определить*: F1

*Решение*:

1) Допустим, что мать гомо­зиготна 2) Допустим, что мать гетеро­зиготна и имеет

 по гену IА, тогда: гены IA, I0, тогда:

 Р IAIA × IAIB Р IAI0 × IAIB

 Г. IA IA, IВ Г. IA, I0 IA, IВ

 F1 IAIA; IAIB F1 IAIA; IAIB; IAI0; IВI0

 II IV II IV II III

*Ответ*: дети могут иметь любую группу крови (II, III, IV), кроме I. Это объясняется гипотезой чистоты гамет и законом расщепления потомства в результате случайных комбинаций трех аллельных генов IA, IB, I0.

**ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ**

42. Определите и объясните, какие группы крови возможны у детей, если у обоих родителей: а) I группа крови; б) II группа кро­ви; в) III группа крови; г) IV группа крови.

43. Определите и объясните, какие группы крови возможны у детей: а) если у матери I группа крови, а у отца II группа; б) если у матери I группа, а у отца IV группа крови; в) если у матери I груп­па, а у отца III группа крови.

44. В родильном доме перепутали двух мальчиков (назовем их условно X и Y). Родители одного из них имеют I и IV группы крови, родители второго – I и III. Лабораторный анализ крови показал, что Y имеет І, а у X – II группу крови. Определите, кто чей сын.

45. Женщина с III группой крови имеет ребенка с I группой кро­ви. Каким не может быть генотип отца?

46. У женщины была связь с двумя мужчинами: у одного из них IV группа крови, а у другого – I. Кто является отцом ребенка, если у него III группа крови, а у матери – I группа?

**Глава 6. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ НЕАЛЛЕЛЬНЫХ ГЕНОВ**

 Во всех рассмотренных задачах взаимоотношения между ге­нами и фенотипами просты и однозначны, подразумевалось, что каждый ген ответственен за наследование одного признака.

 Проявление законов Менделя возможно при двух условиях:

1) если гены находятся в разных парах гомологичных хромосом;

2) если каждый ген действует на определенный им признак или свойство организма независимо от других генов.

 Но в результате исследований механизмов наследственности у различных видов животных и растений было выявлено, что соотношения между генами и признаками значительно сложнее. Наблюдаются отклонения от III закона Менделя. Поэтому при дигибридном скрещивании у гетерозигот второго поколения может наблюдаться необычное расщепление: 9: 3: 4; 9: 6: 1; 15: 1 и т.д.

**I. Комплементарность**

*Комплементарное взаимодействие генов* – явление, когда доминантные неаллельные гены при совместном присутствии в ге­нотипе (А\_В\_) обусловливают развитие нового признака по сравнению с действием каждого гена в отдельности (А\_*bb* или *аа*В\_). Типичные соотношения: 9 : 7; 9 : 3 : 4; 9 : 3 : 3 : 1; 9 : 6 : 1.

*Примеры решения задач*

1. Рассмотрим данный тип взаимодействия генов на примере на­следования окраски шерсти у кроликов. Они контролируются дву­мя генами, один из которых определяет наличие черного пигмента (С). Кролики, гомозиготные по рецессивному аллелю (*сс*), всегда имеют белую окраску, а гетерозиготы (С*с*) и доминантные гомози­готы (СС) могут быть либо черными, либо серыми. Эти различия определяются аллелями другого гена, который контролирует распределение пигмента по длине волоса.

 Доминантный аллель (А) обеспечивает концентрацию пигмен­та у основания волоса (серая окраска), а рецессивный (*а*) – рав­номерную пигментацию волоса (черная окраска). У гомозигот по рецессивному аллелю (белая окраска) действие данного гена не проявляется.

 При скрещивании черных кроликов с белыми в потомстве ока­зались все серые, а при дальнейшем скрещивании – кролики с черной, белой и серой окраской шерсти. Проанализируйте геноти­пы родителей и теоретическое соотношение в потомстве.

Р ааСС × АА*сс*

Г. аС А*с*

F1 А*а*С*с* ×А*а*С*с*

Г. АС, *а*С, А*с*, *ас* АС, *а*С, А*с*, *ас*

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | АС | *a*С | А*с* | *ас* |
| АС | ААСС | А*a*СС | ААС*с* | A*а*С*с* |
| *а*С | А*а*СС | *аа*СС | A*а*С*с* | *аа*С*с* |
| А*с* | ААС*с* | А*а*С*с* | АА*сс* | А*асс* |
| *ас* | А*а*С*с* | *аа*С*с* | А*асс* | *аасс* |

F2

 Таким образом, при комплементарном взаимодействии генов расщепление будет иметь вид:

$\frac{9}{16}$ А\_С\_ : $\frac{3}{16}$ *аа*С\_ : $\frac{3}{16}$ А\_*сс* : $\frac{1}{16}$ *аасс*

9 серых : 3 черных : 4 белых

*Ответ*: Р *аа*СС × АА*сс*; генотипы F1 : А*а*С*с*; F2 : $\frac{9}{16}$ А\_С\_ : $\frac{3}{16}$ *аа*С\_ : $\frac{3}{16}$ А\_*сc* : $\frac{1}{16}$ *аасс*.

2. Гены, определяющие высокую и умеренную форму близору­кости, – доминантные, их нормальные аллели – рецессивные. Женщина с умеренной близорукостью вышла замуж за мужчину с высокой степенью близорукости. При этом следует учесть, что наличие гена, определяющего умеренную форму близорукости, усиливает действие гена, контролирующего высокую форму бли­зорукости. При наличии двух доминантных генов из разных ал­лельных пар проявляется комплементарное их действие. Как про­являются эти гены у детей от данного брака?

 *Дано*:

А – ген умеренной близорукости (от – 2,0 диоптрий до – 4,0 диоптрий)

*а* – ген нормы

В – ген высокой близорукости (более – 5,0 диоптрий)

*b* – ген нормы

Р умеренной близорукости × А*а*В*b*

А\_В\_ – очень высокая степень близорукости

*Определить*: F1

*Решение*:

Р A*abb* × *аа*В*b*

Г. A*b*, *ab* *а*В, *аb*

F1 по генотипу А*а*В*b* *aa*B*b* A*abb*  *aabb*

 25% 25% 25% 25%

 по фенотипу очень высок. : высок. : умерен. : норма

*Ответ*: соотношение генотипов 1 : 1 : 1 : 1. По фенотипу 25% детей с нормальным зрением; 25% с очень высокой формой близо­рукости; 25% с высокой формой близорукости; 25% с умеренной.

3. При скрещивании двух растений тыквы со сферической фор­мой плодов получено потомство, имеющее только дисковидные плоды. При скрещивании этих гибридов (с дисковидными плодами) между собой были получены растения с тремя типами плодов: 9 частей с дисковидными плодами, 6 – со сферическими и 1 – с удлиненными. Каковы генотипы родителей и гибридов первого и второго поколений?

 *Дано*:

Р сферическая × сферическая

F1 – дисковидные 100%

F2 9 : 6 : 1

*Определить*: Р, F1 , F2.

*Решение*:

Дисковидная форма определяется генами А и В, а удлиненная – рецессивным генотипом *ааbb*. Единообразие гибридов первого поколения указывает на то, что исходные формы были гомозигот­ными. Расщепление во втором поколении (9 : 6 : 1) указывает на различие исходных родительских особей по двум парам генов.

Р AA*bb* × *аа*ВВ

 по фенотипу сферическая сферическая
Г. A*b* *a*B

F1 по генотипу А*а*В*b* × A*a*B*b*

 по фенотипу дисковидная дисковидная

F2 по генотипу $\frac{9}{16}$ А\_В\_ : $\frac{3}{16}$ *аа*В\_: $\frac{3}{16}$ A\_*bb* : $\frac{1}{16}$ *aabb*

 по фенотипу дисковидная сферическая удлиненная

*Ответ*: генотипы родителей: АА*bb* и *аа*ВВ; генотипы гибридов: F1A*a*B*b*, F2 $\frac{9}{16}$ А\_В\_ : $\frac{3}{16}$ *аа*В\_ : $\frac{3}{16}$ A\_*bb* : $\frac{1}{16}$ *aabb*, компле­ментарное взаимодействие.

**ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ**

47. Наследование формы гребня у кур определяется двумя па­рами несцепленных генов. Доминантный ген одной пары контро­лирует розовидную форму гребня. Доминантный ген другой пары формирует гороховидную форму. Взаимодействие двух доминант­ных генов в генотипе приводит к образованию ореховидного греб­ня. Оба рецессивных гена определяют листовидную форму. Петух и курица имели ореховидный гребень, а в потомстве произошло фенотипическое расщепление: 55 цыплят с ореховидным гребнем, 18 – с гороховидным, 17 – с розовидным и 6 – с гребнем листо­видной формы. Проанализируйте характер наследования.

48. У душистого горошка две пары генов, расположенные в раз­ных хромосомах, контролируют окраску цветка. Сочетание двух рецессивных генов *а* и *b* в генотипе приводит к образованию белых цветов. Ген А вызывает образование пропигмента, а ген В – фер­мента, под влиянием которого из пропигмента образуется пигмент. При взаимодействии двух доминантных генов А и В развивается фиолетовая окраска. Наличие одного из двух доминантных генов не приводит к синтезу пигмента, и цветки остаются белыми.

 При опылении растений с белыми цветками, имеющих генотип АА*bb* и *аа*ВВ, в потомстве все цветки душистого горошка оказа­лись с фиолетовой окраской. При повторном опылении фиолето­вых растений между собой получены растения как с фиолетовыми, так и с белыми цветками.

 В каком соотношении произошло данное расщепление?

49. У мышей встречается наследование трех типов окраски шер­сти: дикой (агути, или рыжевато – серой), черной и белой. Окраска дикого типа зависит от наличия гена, определяющего развитие окраски, и от гена, обусловливающего распределение пигмента по длине волоса. У черных мышей волосы по всей длине окрашены равномерно. А у мышей агути между черными основанием и кончи­ком волоса есть желтый пигмент. Белые мыши лишены пигмента.

 Юннаты хотели получить альбиносов, но при скрещивании мы­шей цвета агути, которые у них были, получили черных мышей и агути. Определите генотипы родительских организмов.

50. У томатов доминантный ген R определяет развитие оранже­вых плодов, а Т – желтых. У гомозиготных рецессивных расте­ний появляются желто – оранжевые плоды. При взаимодействии же доминантных генов R и Т развивается красная окраска плодов. На селекционной станции имелись два сорта томатов с желтыми и оранжевыми плодами. Определите F1 и Р2 при скрещивании гомо­зиготных растений томатов с желтыми и оранжевыми плодами.

51. При скрещивании австралийских попугайчиков с голубой и желтой окраской потомство оказалось ярко – зеленым. Скрещива­ние гибридов дало следующие результаты: $\frac{9}{16}$ – зеленые, $\frac{3}{16}$ – голубые, $\frac{3}{16}$ – желтые и $\frac{1}{16}$ – белые. Определите генотипы исходных форм и гибридов.

**II. Эпистатическое взаимодействие**

*Эпистаз* – явление подавления действия аллеля одного гена аллелем другого гена. Гены, подавляющие действие других генов, могут быть как доминантными, так и рецессивными. Поэтому различают доминантный и рецессивный эпистаз. Типичные соот­ношения: 13 : 3;

12 : 3 : 1.

*Примеры решения задач*

1. У лука репчатого луковица может быть окрашенной или неок­рашенной, т. е. белой. При скрещивании двух родительских форм с неокрашенными луковицами в первом поколении все луковицы – неокрашенные. Во втором поколении гибридов наблюдается рас­щепление в соотношении 13 неокрашенных к 3 окрашенным. Наличие в потомстве F2 особей с окрашенными луковицами ука­зывает на то, что ген окраски присутствовал в скрытой форме хотя бы у одного из родителей. Можно предположить существование особого гена «подавителя» окраски (В), который препятствует фенотипическому проявлению неаллельного ему гена окраски (А).

 Рецессивные аллели не имеют самостоятельного проявления.

 *Дано*:

А – ген окраски

*а* – ген отсутствия окраски

В – ген, подавляющий окраску

*b* – ген, не влияющий на окраску

Р неокрашенные × неокрашенные

F1 – неокрашенные

F2 13 неокрашенных : 3 окрашенных

*Определить*: генотипы и фенотипы Р, F1, F2.

*Решение*:

 Возможный механизм скрещивания выглядит следующим об­разом:

P AABB × *aabb*

 по фенотипу неокрашенные неокрашенные

Г. АВ *ab*

F1 по генотипу A*a*B*b* × A*a*B*b*

F2 по генотипу $\frac{9}{16}$ А\_В\_ : $\frac{3}{16}$ *аа*В\_ : $\frac{1}{16}$ *ааbb* : $\frac{3}{16}$ А\_*bb*

Ответ: Р ААВВ × *aabb*; F1 А*а*В*b*;

 F2 9А\_В\_ : 3А\_*bb* : 3 *аа*В\_: 1 *aabb*.

 неокр. окр. неокр.

2. При скрещивании растений тыквы с белыми и желтыми плода­ми все потомство имело плоды белой окраски. При скрещивании по­лученных растений между собой наблюдалось следующее расщеп­ление: 204 растения с белыми плодами, 53 с желтыми и 17 с зелены­ми плодами. Определите генотипы родителей и их потомства.

 *Дано*:

А – аллель желтой окраски

*а* – аллель зеленой окраски

В – аллель, определяющий подавление окраски

*b* – аллель, способствующий проявлению окраски

Р белоплодные × желтоплодные

F1 – белоплодные

F2 204 белоплодных : 53 желтоплодных : 17 зеленоплодных

 *Определить*: генотипы и фенотипы Р, F1, F2.

 *Решение*:

 Расщепление 204 : 53 : 17 соответствует примерному соотноше­нию 12 : 3 : 1, что свидетельствует о явлении эпистатического взаи­модействия. Это типичное соотношение характерно для эпистаза.

Р *аа*ВВ × АА*bb*

 по фенотипу белоплодные желтоплодные

Г. *а*В A*b*

F1 А*а*В*b*

 по фенотипу белоплодные

Р А*а*В*b* × А*а*В*b*

Г. АВ, А*b*, *а*В, *ab* AB, A*b*, *a*B, *ab*

F2 $\frac{9}{16}$ A\_B\_ : $\frac{3}{16}$ *аа*В\_: $\frac{3}{16}$ A\_*bb* : $\frac{1}{16}$ *aabb*

 по фенотипу белоплодн. желтоплодн. зеленоплодн.

*Ответ*: генотипы родителей *аа*ВВ и АА*bb*;

F1 : A*a*B*b*; F2 : $\frac{12}{16}$ белоплодных (А\_В\_ и *аа*ВВ), $\frac{3}{16}$ желтоплод­ных – А\_*bb*, $\frac{1}{16}$ зеленоплодных – *aabb*.

3. Изучаются две пары неаллельных несцепленных генов, опре­деляющих окраску меха у горностая. Доминантный ген одной пары определяет черный цвет, его рецессивный аллель – голубую окраску. Доминантный ген другой пары способствует проявлению пигментации организма, а его мутантный аллель не синтезирует пигмент. При скрещивании черных особей между собой в потомстве оказались детеныши: черные, голубые и альбиносы. Проанализиро­вать генотипы родителей и теоретическое соотношение в потомстве.

 *Дано*:

А – ген черной окраски

*а* – ген голубой окраски

В – ген пигментации

*b* – ген альбинизма

Р по фенотипу – черные

F1 – черные : альбиносы : голубые

*Определить*: Р, F1

*Решение*:

 Расщепление во втором поколении указывает на различие ро­дительских организмов по двум парам генов. Женский и мужской организмы должны быть гетерозиготными.

Р А*а*В*b* × А*а*В*b*

Г. AB, A*b*, *a*B, *ab* AB, A*b*, *a*B, *ab*

F1 по генотипу 9АВ\_ : 3 *аа*В\_ : 3А\_*bb* : l *aabb*

 по фенотипу черные : голубые : альбиносы

*Ответ*: соотношение в потомстве 9 : 3 : 4 (9 черных, 3 голубых, 4 альбиноса), или

56,25% : 18,75% : 25%.

**ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ**

52. Окраска мышей определяется двумя парами неаллельных, несцепленных генов. Доминантный ген одной пары обусловлива­ет серый цвет, его рецессивный аллель – черный. Доминантный ген другой пары способствует проявлению цвета, его рецессивный аллель подавляет цвет. При скрещивании серых мышей между со­бой получено потомство из 82 серых, 35 белых, 27 черных мышей. Определите генотипы родителей и потомства.

53. Некоторые куры имеют белое оперение, другие окрашены. Цвет оперения определяется двумя парами несцепленных генов. За развитие пигмента отвечает ген С, а его рецессивный аллель *с* – за отсутствие пигмента. Ген *I* подавляет действие гена С, аллель *і* отвечает за проявление окраски.

 При скрещивании белых кур с цветными все цыплята белыми. Во втором поколении получили 2 000 цыплят, из которых 375 ока­зались пестрыми. Определите генотипы родительских форм и по­томства.

54. При скрещивании чистой линии собак коричневой масти с собаками чистой линии белой масти все потомство оказалось белой масти. При скрещивании белых гибридов между собой получили такое потомство: 118 белых щенков, 32 черных, 10 коричневых. Как наследуется цвет шерсти у собак?

55. При скрещивании сорта овса, имеющего черную окраску зерен, с сортом овса, имеющего белые зерна, в F1 получили расте­ния, имеющие серый цвет зерна. В F2 было получено 291 растение с черным цветом зерен, 74 растения с серыми зернами и 24 расте­ния с белыми зернами. Как взаимодействовали гены при этом типе наследования? При каких условиях зерна имеют черный, серый, белый цвет?

**III. Полимерное взаимодействие**

 Два рассмотренных типа взаимодействия (комплементарность и эпистаз) относятся к качественным альтернативным признакам. Такие свойства организмов, как рост, масса, плодовитость и т. п., невозможно разбить на четкие фенотипические классы. Такие признаки называются количественными.

 *Полимерия* – явление, когда один и тот же признак определя­ется несколькими аллелями. По полимерному типу наследуются некоторые свойства организмов: рост, масса тела, цвет кожи у

человека; количество белков в зернах пшеницы, кукурузы; коли­чество молока, его жирность у животных.

 Поскольку при полимерии неаллельные гены однозначного действия, то для их обозначения используют одну букву, но с раз­ными индексами.

 Бывают случаи, когда полимерные гены не усиливают друг дру­га. Тогда расщепление 15 : 1.

 *Примеры решения задач*

1. У человека разный цвет кожи обусловлен, как правило, дву­мя парами доминантных генов:

A1A1A2A2 – черный цвет кожи, а1а1а2a2 – белый. Какие – либо 3 доминантных гена дают темный цвет; 2 – смуглый; 1 – светлый.

а) Определите генотипы родителей, если они оба смуглые и име­ют одного ребенка с черной кожей и одного с белой, б) Смуглые родители имеют смуглых детей. Определите генотип родителей.

 *Дано*:

А – ген темной окраски кожи

*а* – ген белой окраски кожи

а) Р смуглые × смуглые

F1 – 1 черный : 1 белый

б) Р смуглые × смуглые

F1 – смуглые

 *Определить*: генотипы Р

 *Решение*:

а) Р A1*a*1A2*a*2 × A1*a*1A2*a*2

Г. А1А2, *а*1А2, А1*а*2, *а*1*а*2 А1А2, *а*1А2, А1*а*2, *а*1*а*2

F1 *a*1*a*1*a*2*a*2 А1*а*1А2А2 или A1A1A2*a*2

 по фенотипу белые темные темные

б) Р А1А1*а*2*а*2 × *a*1*a*1A2A2

Г. А1*а*2 *a*1A2

F1 A1*a*1A2*a*2

 по фенотипу смуглые

*Ответ*: a) P A1*a*1A2*a*2 × A1*a*1A2*a*2; б) P А1А1*а*2*а*2 × *a*1*a*1A2A2.

2. Рост человека контролируется несколькими парами несцепленных генов, которые взаимодействуют по типу полимерии. Если пренебречь факторами среды и условно ограничиться 3 парами ге­нов, то можно допустить, что в какой – то популяции низкорослые люди имеют все рецессивные гены и рост 150 см, а самые высокие – все доминантные гены и рост 180 см.

а) Определите рост людей, гетерозиготных по трем парам генов роста, б) Низкорослая женщина вышла замуж за мужчину средне­го роста. У них было 4 детей, которые имели рост 165 см, 160 см, 155 см, 150 см. Определите генотипы родителей и их рост.

 *Дано*:

А – ген, определяющий увеличение роста

а – ген, не влияющий на увеличение роста

а) A1A1A2A2A3A3 – рост 180 см

 *а*1*а*1*а*2*а*2*а*3*а*3 – рост 150 см

б) – низкорослая

 – среднего роста

F1 – 165 см, 160 см, 155 см, 150 см

*Определить*: а) рост потомков А1*а*1А2*а*2А3*а*3

 б) генотипы Р

 *Решение*:

a) Р *а*1*а*1*а*2*а*2*а*3*а*3 × A1A1A2A2A3A3

 Г. *а*1*а*2*а*3 A1A2A3

 по фенотипу 75 см 90 см

 F1 А1*а*1А2*а*2А3*а*3

 165 см; 100%

б) Р *а*1*а*1*а*2*а*2*а*3*а*3 × А1*а*1А2*а*2А3*а*3

 Г. *а*1*а*2*а*3 A1A2A3 , *а*1*а*2*а*3, А1*а*2*а*3, А1*а*2А3

 F1 А1*а*1А2*а*2А3*а*3 – 165 см; *а*1*а*1*а*2*а*2*а*3*а*3 – 150 см;

 А1*а*1*а*2*а*2*а*3*а*3 – 155 см; А1*а*1*а*2*а*2А3*а*3 – 160 см;

 *а*1*а*1*а*2*а*2*а*3*а*3 – 150 см; *а*1*а*1А2*а*2*а*3*а*3 – 155 см;

 *а*1*а*1А2*а*2А3*а*3 – 160 см; *а*1*а*1*а*2*а*2А3*а*3 – 155 см.

*Ответ:* а) у 100% людей рост составляет 165 см;

 б) Р *а*1*а*1*а*2*а*2*а*3*а*3 × А1*а*1А2*а*2А3*а*3

 150 см 165 см

**ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ**

56. Уши кроликов породы баран 30 см, у другой породы – 10 см. Предположите, что различия в длине ушей зависят от двух пар ге­нов с однозначным действием. Генотипы кроликов породы баран – G1G1G2G2, а обычных кроликов – g1g1g2g2. Определите длину ушей кроликов в F1 и F2.

57. Рослые испанские моряки (180 см) потерпели кораблекру­шение и попали на остров, населенный низкорослыми местными аборигенами (150 см). Какого роста будут дети от браков испан­ских моряков с местными женщинами? Какой рост и с какой веро­ятностью можно прогнозировать у их внуков?

58. Цвет кожи человека зависит от двух пар генов. Чем больше среди них доминантных аллелей, тем темнее кожа. У супружеской пары – негра и белой женщины – рождаются дети со смуглой ко­жей – мулаты. Какой цвет кожи и с какой вероятностью можно ожидать от браков между мулатами?

**IV. Плейотропия**

*Плейотропия* – явление, при котором один ген обусловливает несколько признаков. Имеются случаи, когда плейотропный ген яв­ляется по отношению к одному признаку доминантным, по отноше­нию к другому – рецессивным. В случае, когда плейотропный ген является полностью доминантным или рецессивным ко всем опре­деленным признакам, задача решается по обычной схеме. Свое­образное расщепление происходит тогда, когда один из признаков является летальным, т.е. в гомозиготном состоянии ведет к гибели. Тогда расщепление будет составлять 2 : 1.

*Примеры решения задач*

1. Одна из пород кур характеризуется укороченными ногами. Этот признак доминантный. Ген, который отвечает за него, одно­временно является причиной развития укороченного клюва. При этом у гомозиготных кур клюв настолько мал, что они не имеют возможности пробить яичную скорлупу и гибнут в яйце. В инку­баторе хозяйства, которое разводит коротконогих кур, получено 3000 цыплят. Сколько среди них коротконогих?

 *Дано*: *Решение*:

А – ген укороченных ног и клюва Р А*а* × А*а*

*a* – ген нормы Г. А, *а* А, *а*

А*а* – укороченные ноги и клюв F1 : АА : 2А*а* : *аа*

АА – леталь гибель укороч. норма

*аа* – нормальные ноги и клюв ноги,

 клюв

 *Определить*: F1

 *Решение*:

 Получено 3000 цыплят с нормальными по длине ногами. Цып­лята с маленьким клювом погибали в скорлупе.

 Тогда расщепление по этому признаку 2 : 1, соответственно, с укороченными ногами – 2000.

*Ответ*: среди цыплят коротконогих – 2000 штук.

2. Болезнь Марфана («паучьи пальцы» – очень тонкие и длин­ные) наследуется доминантным плейотропным аутосомным геном. Преимущество владеть левой рукой – рецессивный аутосомный признак. Определите вероятность проявления у детей этих призна­ков, где оба родителя гетерозиготные по обеим парам признака.

 *Дано*:

А – ген, определяющий болезнь Марфана

*а* – норма

В – ген, определяющий преимущество владеть правой рукой

*b* – ген, определяющий преимущество владеть левой рукой

Р А*а*В*b* × A*a*B*b*

 *Определить*: вероятность в F1 появления детей с генотипом A*abb*

 *Решение*:

Р А*а*В*b* × А*а*В*b*

Г. АВ.А*b*, *a*B,*ab* АВ,А*b*, *а*В, *ab*

F1 : $\frac{9}{16}$ А\_В\_ – 56,25% детей владеют правой рукой, у них болезнь Марфана;

 $\frac{3}{16}$ A\_*bb* – 18,75% детей владеют левой рукой, у них болезнь Марфана;

 $\frac{3}{16}$ *аа*В\_ – 18,75% детей владеют правой рукой, здоровы;

 $\frac{1}{16}$ *aabb* – 6,25% детей владеют левой рукой, здоровы.

*Ответ*: 18,75% детей имеют болезнь Марфана и владеют левой рукой.

**ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ**

59. Желтый и серый цвета мышей определяются двумя аутосом­ными генами. При скрещивании желтых мышей между собой по­лучено 2 386 желтых и 1 235 серых мышей. Как можно объяснить такое скрещивание?

60. Гетерозиготный бык имеет рецессивный аллель, который вызывает отсутствие шерсти. В гомозиготном состоянии этот ал­лель приводит к гибели потомства. Определите вероятность рож­дения нежизнеспособных телят при скрещивании этого быка с гетерозиготной коровой.

**Глава 7. НАСЛЕДОВАНИЕ СЦЕПЛЕННЫХ ГЕНОВ. ЯВЛЕНИЕ КРОССИНГОВЕРА**

 В профазе первого мейотического деления происходит конъюга­ция гомологичных хромосом и кроссинговер. Процесс обмена гена­ми или одинаковыми участками гомологичных хромосом называ­ют *кроссинговером*, или перекрестом хромосом.

 Гены, локализованные в одной хромосоме, называют *группой сцепления*. Количество групп сцепления не превышает гаплоид­ное число хромосом. Например, у дрозофилы 500 генов в четырех группах сцепления.

 Наличие обмена генами между скрещивающимися организма­ми, т. е. процесс рекомбинации генов, расширяет возможности комбинативной изменчивости в эволюции. В результате кроссинговера появляются рекомбинативные или кроссоверные гаметы, но их будет не больше, чем некроссоверных. Дигетерозиготная особь $\frac{AB}{ab}$ дает некроссоверных гамет (АВ и *аb*) более 50%, кроссоверных (А*b* и *а*В) – менее 50%. Кроссинговер можно обнару­жить лишь в том случае, если гены находятся в гетерозиготном состоянии, то есть $\frac{AB}{ab}$ и $\frac{aB}{Ab}$. При гомозиготном состоянии генов $\frac{AB}{АВ}$ и $\frac{ab}{ab}$ перекрест хромосом выявить нельзя.

 Величина кроссинговера измеряется отношением числа кроссо­верных особей к общему числу особей в потомстве анализируемого скрещивания и выражается в процентах (%). Величина перекреста хромосом отражает силу сцепления генов в хромосоме: чем больше величина перекреста хромосом, тем меньше сила сцепления. Рас­стояние между двумя генами в хромосомах выражается в морганидах. 1 морганида = 1% кроссинговера. Чем ближе гены находятся друг к другу в хромосоме, тем меньше процент кроссинговера.

Процент кроссинговера между генами можно рассчитать по формуле:

Х = $\frac{a + b}{n}$ ⋅ 100% ,

где X – процент кроссинговера, *а* – число кроссоверных особей одного класса, *b* – число кроссоверных особей другого класса, *n* – общее число особей, полученных в результате скрещивания.

*Примеры решения задач*

1. У томатов высокий рост стебля доминирует над карликовым, а шаровидная форма плода над грушевидной. Гены высоты стеб­ля (А) и формы плода (В) сцеплены и находятся друг от друга на расстоянии 20 морганид. Гетерозиготное по обоим признакам растение скрещено с карликовым, имеющим грушевидные плоды.

Какое потомство следует ожидать от этого скрещивания?

 *Дано*:

А – ген высокого роста стебля

*а* – ген карликовости

В – ген шаровидной формы плодов

*b* – ген грушевидной формы плодов

 Расстояние между генами составляет 20 морганид

P $\frac{AB}{ab}$ × $\frac{ab}{ab}$

 *Определить*: F1

 *Решение*:

P $\frac{AB}{ab}$ × $\frac{ab}{ab}$

Г. некроссоверные: кроссоверные:

 АВ, *ab* A*b*, *a*B

 40% 40% 10% 10%

 Расстояние между генами прямо пропорционально проценту кроссинговера: 20 морганид = 20%. Значит, кроссоверных гамет 20%, а некроссоверных 80%.

F1 А*а*В*b* *aabb* A*abb* *аа*В*b*

 40% 40% 10% 10%

 высокоросл. карл. высокоросл. карл.

 шаровид. грушевид. грушевид. шаровид.

*Ответ*: F1 : А*а*В*b* – 40%; *aabb* – 40%; A*abb* – 10%; *аа*В*b* – 10%.

2. У кукурузы неокрашенные зерна и их морщинистая форма являются рецессивными признаками по отношению к окрашенным зернам гладкой формы. Гены обоих признаков расположены в одной хромосоме.

 На участке скрещивали растения кукурузы, имеющие окра­шенные зерна гладкой формы, с растениями, семена которых не окрашены и форма их морщинистая. За сезон было получено

1 500 початков кукурузы, из них 715 с гладкими окрашенными зерна­ми, 731 с морщинистыми неокрашенными, 26 – гладких неокрашенных, 28 – морщинистых окрашенных. Определите расстоя­ние между генами.

 *Дано*:

А – окрашенные зерна

*а* – неокрашенные зерна

В – гладкая форма

*b* – морщинистая форма

Р гладкая окрашенная форма × морщинистая неокрашенная форма

 *Определить*: расстояние между генами

 *Решение*:

 В потомстве образовались организмы с перекомбинированными признаками. Это означает, что при мейозе происходит процесс кроссинговера – обмен аллельными генами. Гетерозиготный ор­ганизм образует четыре типа гамет, рецессивный – один тип.

P $\frac{AB}{ab}$ × $\frac{ab}{ab}$

Г. AB, *ab*, A*b*, *a*B *ab*

 некроссоверные: кроссоверные:

F1 $\frac{AB}{ab}$ $\frac{ab}{ab}$ $\frac{Ab}{ab}$ $\frac{aB}{ab}$

 715 731 28 26

1) Сумма всех организмов в потомстве равна 1500, т. е. *n* = 1500.

2) Находим процент кроссинговера по формуле:

 Х= $\frac{28 + 26}{1500}$ ⋅ 100% = 3,6% = 3,6 морганид.

*Ответ*: расстояние между генами составляет 3,6 морганид.

**ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ**

61. У дрозофилы рецессивный ген *b*, который определяет черное тело, и ген *р*, определяющий пурпурный цвет глаз, размещены в хромосоме в локусах 48,5 и 54,5. Их нормальные аллели – доми­нантные гены тела серого цвета В и красный цвет глаз Р. Определите, какие типы гамет и с какой частотой образуются у самки $\frac{Bp}{bP}$.

62. Высокий рост и полидактилия наследуются по аутосомно – до­минантному типу. Мужчина получил от матери хромосому с гена­ми А и В, а от отца – с генами *а* и *b*, причем эти гены наследуются сцепленно и расстояние между ними составляет 8 морганид. Его жена – гомозигота по рецессивному признаку. Определите про­цент соотношения вероятных фенотипов в потомстве.

63. У гороха доминантные гены, определяющие гладкую поверх­ность семян и наличие усов, сцеплены. Сколько процентов новых гиб­ридных форм можно ожидать при самоопылении дигетерозиготного гороха, если известно, что 25% мужских гамет – кроссоверные?

64. У мух дрозофил признаки окраски тела и формы крыльев сцеплены. Темная окраска тела рецессивна по отношению к серой, короткие крылья рецессивны по отношению к длинным. В лабора­тории скрещивались серые длиннокрылые самки, гетерозиготные по обоим признакам, с самцами, имеющими черное тело и короткие крылья. В потомстве оказалось серых длиннокрылых – 1394, чер­ных короткокрылых – 1418, черных длиннокрылых – 287, серых короткокрылых – 187. Определите расстояние между генами.

65. Гены А, В, С находятся в одной группе сцепления. Между генами А и В кроссинговер происходит с частотой 7,4%, а между генами В и С – с частотой 2,9%. а) Определите взаиморасположе­ние генов А, В, С, если расстояние между А и С составляет 10,3%. б) Если частота кроссинговера между А и С составит 4,5%, то как изменится расположение генов?

66. У дрозофилы гены D и Е и их рецессивные аллели находят­ся в одной паре аутосом, а гены L, М – в другой. Укажите, какие типы гамет и в каком процентном соотношении образуют организмы со следующими генотипами: а) самец ­$\frac{D}{d}$ $\frac{M}{m}$; б) самка $\frac{DE}{de}$; в) самка $\frac{De}{dE}$; г) самец $\frac{De}{dE}$ $\frac{L}{L}$;

д) самка $\frac{DE}{de}$ $\frac{M}{m}$.

67. При скрещивании дигетерозиготной мухи с рецессивным по обоим аллелям самцом получено 2,5% рекомбинантов. Определите генотип потомства и количество мух в процентах.

68. Скрещивая самку дрозофилы, дигетерозиготную по генам А и В, с рецессивным самцом, получили расщепление по фенотипам в таком соотношении: А\_В\_ : A\_*bb* : *аа*В\_ : *aabb* =

= 47 : 3 : 3 : 47. а) Как наследуются гены – сцепленно или комбинируются свобод­но?

б) Определите расстояние между генами.

69. У человека ген, определяющий синдром дефекта ногтей и коленной чашечки, и ген, определяющий группу крови по системе АВО, сцеплены между собой и находятся на расстоянии 10 морганид. Синдром дефекта ногтей и коленной чашечки наследуется по доминантному типу. Один из супругов гетерозиготен по синдрому дефекта ногтей и имеет IV группу крови. Известно, что от отца он унаследовал ген II группы крови и синдром дефекта ногтей. Второй супруг гомозиготен по рецессивному гену аномалии и имеет I группу крови. Определите вероятные фенотипы потомства от этого брака.

**Глава 8. НАСЛЕДОВАНИЕ ГЕНОВ, СЦЕПЛЕННЫХ С ПОЛОМ**

 *Сцепленными с полом* называют те *признаки*, гены которых рас­положены не в аутосомах, а в гетеросомах X или У.

*Примеры решения задач*

1. От родителей, имеющих по фенотипу нормальное цветовое зрение, родилось несколько детей с нормальным зрением и один мальчик – дальтоник (не различает красный и зеленый цвета). Чем это объясняется? Каковы генотипы родителей и детей?

Примечание. Ген, определяющий способность к цветовому зрению, сцеплен с Х – хромосомой.

 *Дано*:

А – нормальное зрение

*а* – дальтонизм

Р нормальное зрение × нормальное зрение

F1 нормальное зрение, дальтоник Х*а*У

*Определить*: генотипы Р, F1

*Решение*:

 Согласно хромосомной теории пола, у мужского организма от отца наследуется У – хромосома, а от матери – X – хромосома. Таким образом, ген дальтонизма сын мог получить от матери. Значит, ге­нотип матери ХАХ*а*, иначе у них не родился бы сын – дальтоник.

Р ХАХ*а* × XАУ

Г. XА, X*а* XА, У

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | XА | У |
| XА | XА XА | XАУ |
| X*а* | XА X*а* | X*а*У |

 F1

Вероятность образования каждого из четырех типов зигот оди­накова.

*Ответ*: генотипы родителей – ХАХ*а* и ХАУ; сын с генотипом Х*а*У.

2. Черепаховую (пятнистую) кошку скрестили с черным котом. Как пойдет расщепление гибридов по генотипу и фенотипу (по окраске шерсти и полу)? Черная и рыжая окраска у кошек обу­словлена разными аллелями, сцепленными с Х – хромосомой гена. Ни один аллель не доминирует, поэтому гетерозиготные животные имеют пятнистую (черепаховую) окраску.

 *Дано*:

А – ген черной окраски

*а* – ген рыжей окраски

АА – черные, *аа* – рыжие, А*а* – пятнистые

Р ХАХ*а* × ХАУ

*Определить* F1

*Решение*:

Р ХАХ*а* × ХАУ

Г. ХА, Х*а* ХА, У

F1 XА XА XАУ XА X*а* X*а*У

 черная черный пятнистая рыжий

*Ответ*: соотношение по генотипу:

 XА XА XАУ XА X*а* X*а*У

 25% 25% 25% 25%

 соотношение по фенотипу:

 1 черная кошка : 1 черный кот : 1 пятнистая кошка : 1 рыжий кот.

**ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ**

70. Два рецессивных гена, расположенных в различных участках Х – хромосомы, вызывают у человека такие заболевания, как гемо­филия и мышечная дистрофия. У – хромосома аллельных генов не содержит. У невесты мать страдает дистрофией, но по родословной имеет нормальную свертываемость крови, а отец болен гемофилией, но без каких – либо дистрофических признаков. У жениха проявля­ются оба заболевания. Проанализируйте потомство в данной семье.

71. У дрозофилы рецессивный ген белоглазости *w* расположен в Х – хромосоме в локусе 1,5, а доминантный ген А измененной фор­мы брюшка – в локусе 4,5. Определите типы и количество гамет, которые образуются у дрозофил таких генотипов: а) белоглазого самца с нормальным брюшком $\frac{Х^{wa}}{У}$; б) самки $\frac{X^{WA}}{X^{wa}}$.

72. Доминантные гены В и D, регулирующие реакции обмена веществ в организме, сцеплены с Х – хромосомой и расположены друг от друга на расстоянии 32 морганид. У – хромосома аллельных генов не содержит. Какова процентная вероятность рождения сле­дующего ребенка с нарушением обмена веществ?

73. Два доминантных гена, определяющих окраску глаз и цвет шерсти у обезьян, находятся в одной паре гомологичных хромо­сом и полностью сцеплены, то есть кроссинговера между ними не происходит. Ген, контролирующий работу зрительного нерва, сцеплен с Х – хромосомой. Выписать возможные гаметы, образую­щиеся у женской особи, гетерозиготной по трем парам аллелей.

74. У дрозофилы рецессивный ген с укороченного тела локали­зован в Х – хромосоме. Самку, имеющую нормальное тело С, гетеро­зиготную по этому признаку, скрестили с самцом, имеющим уко­роченное тело. Определите генотип и фенотип потомства.

75. Альбинизм у человека определяется рецессивным геном, расположенным в аутосоме, а одна из форм диабета определяется рецессивным геном, сцепленным с Х – хромосомой. Доминантные аллели ответственны за пигментацию организма и нормальный обмен веществ. Супруги имеют темный цвет волос. Их матери страдали диабетом, а отцы здоровы. Родился один ребенок, боль­ной сахарным диабетом и с признаками альбинизма. Определите вероятность рождения в данной семье: а) здоровых детей; б) детей с признаками альбинизма и больных сахарным диабетом.

76. Мужчина с нормальной свертываемостью крови взволнован известием о том, что сестра его жены родила мальчика – гемофили­ка (он думает о здоровье своих будущих детей). В какой мере его могло бы успокоить сообщение, что среди родственников его жены по материнской линии гемофилия никогда не наблюдалась?

77. Гипертрихоз передается через У – хромосому, а полидакти­лия – как доминантный аутосомный признак. В семье, где отец имел гипертрихоз, а мать – полидактилию, родилась нормальная в отношении обоих признаков дочка. Какова вероятность того, что следующий ребенок в семье родится без двух аномалий?

78. Какие дети могут родиться от брака гемофилика с женщи­ной – дальтоником, которая не несет гена гемофилии?

79. Кареглазая женщина, обладающая нормальным зрением, отец которой имел голубые глаза и страдал цветовой слепотой, выходит замуж за голубоглазого мужчину, имеющего нормальное зрение. Какое потомство можно ожидать у этой пары, если известно, что ген карих глаз наследуется как аутосомно – доминантный признак, а ген цветовой слепоты – рецессивный и сцеплен с Х – хромосомой?

80. Белый цвет глаз у дрозофилы определяется рецессивным, а красный – доминантным аллелем, локализованным в Х – хромосоме (доминирование полное). Белоглазая самка дрозофилы скреще­на с красноглазым самцом. Определите, какая пигментация глаз будет у самок и самцов в первом и втором гибридном поколениях.

81. У скалистых ящериц ген, ответственный за синтез фермен­та, который участвует в регуляции дыхательной системы, распо­ложен в Х – хромосоме. Мутация этого гена вызывает угнетение дыхательного центра, что приводит к гибели организма. У – хромосома данного гена не имеет. При исследовании опытной группы скалистых ящериц в потомстве было обнаружено 50% самок и 25% самцов. Проанализируйте генотипы родительских организ­мов в исследуемой группе.

**Глава 9. ГЕНЕТИКА ПОПУЛЯЦИЙ**

 Изучение наследования в популяциях связано с исследованием состава генов в сменяющихся поколениях, то есть с определением частот различных аллелей и генотипов. Структура популяции во многом определяется способом размножения. В связи с этим на­следование в популяциях самооплодотворяющихся и перекрестно оплодотворяющихся организмов существенно различается.

 В популяциях самооплодотворяющихся (самоопыляющихся) организмов доля гомозигот возрастает из поколения в поколе­ние. Свободно скрещивающиеся (панмиксические) популяции подчиняются закону Харди – Вайнберга. Из этого закона следует, что доля доминантных гомозигот равна квадрату частоты доми­нантного аллеля *р*2, доля гомозиготных рецессивных особей равна квадрату частоты рецессивного аллеля *q*2, доля гетерозиготных генотипов равна удвоенному произведению частот обоих аллелей 2*pq*. При этом сумма частот аллелей в популяции равна единице:

*p* + *q* = l.

 Частота всех генотипов также равна единице. Следовательно, фор­мула Харди – Вайнберга выглядит так:

*р*2(АА) + 2*pq*(A*a*) + *q*2(*аа*) = 1.

 Этой формулой можно воспользоваться для определения частот генотипов в популяции, различающейся по трем аллелям. Допустим, что частота аллеля А1 равна *р*, аллеля А2 – *q*, аллеля А3 – *r* и (*р* + *q* + *r*) = 1. Тогда в популяции будет следующее соотношение генотипов:

(*р* + *q* + *r*)2 = *p*2(A1А1) + *q*2(А2A2) + *r*2(А3А3) + 2*pq*(A1A2) + 2*pr*(A1A3) + 2*qr*(A2A3) = 1.

 Несмотря на то, что этот закон никогда не выполняется в естест­венных популяциях, его используют для оценок концентрации генов в популяции частот разных генотипов.

*Примеры решения задач*.

1. В европейской популяции 16% индивидов резус – отрицательные, 84% – резус – положительные. Вычислите процент встреча­емости гетерозиготных организмов (R*h* + *rh* –) по резус – фактору в изучаемой популяции.

 *Решение*:

1) Поскольку в формуле Харди – Вайнберга частота особей с гено­типом *аа* равна *q*2, а это 16%, или 0,16, то найдем частоту гена *q*:

*q* = $\sqrt{0,16}$ =0,4.

2) Учитывая то, что сумма аллелей равна единице, определим частоту доминантного аллеля

A: *p* = l – *q* = l – 0,4 = 0,6.

3) Люди с проявлением доминантного признака в фенотипе могут быть и в гомозиготном (АА), и в гетерозиготном (А*а*) состоянии.

 Частота генотипа АА: *р*2 = 0,62 = 0,36, что соответствует 36%.

4) Частота генотипа А*а*: 2А*а* = 2*pq* = 2 ⋅ 0,6 ⋅ 0,4 = 0,48, или 48%.

*Ответ*: АА : 2A*a* : *aa*.

 36% 48% 16%

2. В данной популяции 700 особей, из них 672 с доминантным признаком. Определите количество гетерозиготных организмов.

 *Решение*:

 Формула Харди – Вайнберга показывает распределение геноти­пов и фенотипов в популяции:

*р*2 + 2*pq* + *q*2 = 1.

1) Находим количество рецессивных организмов: 700 – 672 = 28.

2) Определяем частоту встречаемости генотипа *q*2:

700 – 100%,

28 – *х*%, ⇒ *q*2 = 4%, или 0,04.

3) Определяем частоту встречаемости гена *q*: *q* = $\sqrt{0,04}$ = 0,2.

4) Определяем частоту гена *р*: *р* = 1 – *q* = 1 – 0,2 = 0,8.

5) Определяем частоту генотипа 2*pq* = 2 ⋅ 0,8 ⋅ 0,2 = 0,32 (32%).

6) Определим количество гетерозигот: 700 : 0,32 = 224.

*Ответ*: количество гетерозиготных особей популяции состав­ляет 32%, или 224 особи.

3. Альбиносы рождаются с частотой 1 : 20000 человек. Опреде­лите частоту рецессивного гена альбинизма и частоту гетерозигот – носителей гена альбинизма.

 *Решение*:

 Используем формулу Харди – Вайнберга: *р*2 + 2*pq* + *q*2 = 1.

1) Определяем частоту гена *q*: *q* = $\sqrt{\frac{1}{20 000}}$ ≈ $\frac{1}{140}$, то есть 1 аль­бинос на 140 человек.

2) Определяем частоту гена *p*: *p* = l – *q* = l – $\frac{1}{140}$ = $\frac{140}{140}$ – $\frac{1}{140}$ = $\frac{139}{140}$.

3) Определяем частоту генотипа: 2*pq* = 2 ⋅ $\frac{139}{140}$ ⋅ $\frac{1}{140}$ ≈ $\frac{1}{70}$.

*Ответ*: значит, каждый сто сороковой является носителем гена альбинизма, частота гетерозигот – носителей альбинизма – $\frac{1}{70}$.

**ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ**

82. Глухонемота связана с врожденной глухотой, которая препят­ствует нормальному усвоению речи. Наследование аутосомно – рецессивное. Средняя частота заболевания для европейских стран – 1/5000. Определите частоту встречаемости аллеля в гетерозиготном состоянии.

83. В популяции человека кареглазые индивиды составляют 51% (0,51), голубоглазые – 49% (0,49). Кареглазость доминирует над голубоглазостью. Определите частоту гомозиготных и гетерози­готных кареглазых организмов.

84. В родильных домах города из 84000 детей, родившихся в течение 10 лет, у 210 обнаружен патологический рецессивный признак, обусловленный генотипом *qq*. Вычислите частоту нормального аллеля *р*, генетическую структуру популяции.

85. Выявлено, что на 40 000 человек один человек болеет фенилкетонурией. Определите частоту рецессивного гена и состав попу­ляции.

86. Среди 26000 детей выявлено 11 гомозигот, больных рецес­сивным заболеванием. Определите: а) распространенность заболе­вания; б) генетическую структуру популяции.

87. Популяция содержит 400 особей. Из них с генотипом АА – 20, с генотипом А*а* – 120, с генотипом *аа* – 260. Определите риг.

88. Взято три растения гороха красноцветковых гетерозиготных А*а* и два белоцветковых гомозиготных *аа*. Горох – самоопыляюще­еся растение. Определите соотношение генотипов и фенотипов в F3.

89. Альбинизм у ржи наследуется как аутосомный рецессивный признак. На обследованном участке среди 84000 растений обнару­жено 210 альбиносов. Определите частоты генотипов в популяции.

**Глава 10. ПЕНЕТРАНТНОСТЬ**

 В процессе онтогенеза не все гены реализуются в признак. Некото­рые из них оказываются блокированными другими неаллельными ге­нами, проявлению иных признаков препятствуют внешние условия.

 Количественный показатель фенотипического проявления гена в признаке называется *пенетрантностью*. Пенетрантность выра­жается в процентах от числа особей, несущих признак, к общему числу носителей гена, потенциально способного реализоваться в этот признак.

 Общая часть задач решается по схеме моногибридного скрещи­вания. Но от полученных данных необходимо высчитать пенет­рантность, указанную для данного признака.

 *Пример решения задачи*

 Подагра определяется доминантным аутосомным геном. По не­которым данным, пенетрантность гена у мужчин составляет 20%, а у женщин равна 0. а) Какова вероятность заболевания подагрой в семье гетерозиготных родителей? б) Какова вероятность заболе­вания подагрой в семье, где один из родителей гетерозиготен, а другой нормален по анализируемому признаку?

 *Решение*:

А – ген подагры

*а* – ген нормы

а) Р А*а* × A*а*

 Г. А, *а* А, *а*

 F1 АА : 2А*а*  : *аа*

 Вероятность того, что в семье появятся дети, несущие ген подаг­ры, равна $\frac{3}{4}$. Но не у всех этот ген проявит себя, а лишь у муж­чин. Вероятность рождения мальчиков – $\frac{1}{2}$. Следовательно, наследование гена подагры, способного проявить себя, равно: $\frac{3}{4}$ ⋅ $\frac{1}{2}$ = $\frac{3}{8}$.

 Ген подагры проявится у 20% $\left(\frac{1}{5}\right)$несущих его мужчин, т. е. $\frac{3}{8}$ ⋅ $\frac{1}{5}$ = $\frac{3}{40}$, или 7,5%.

б) Р А*а* × *аа*

 Г. А, *а* *а*

 F1 АА : *аа*

 Вероятность того, что родится ребенок, несущий ген подагры, равна $\frac{1}{2}$. Вероятность того, что он будет мужского пола, равна $\frac{1}{2}$. Пенетрантность признака 20%, или $\frac{1}{5}$. Вероятность заболевания равна произведению всех вероятностей: $\frac{1}{2}$ ⋅ $\frac{1}{2}$ ⋅ $\frac{1}{5}$ = $\frac{1}{20}$, или 5%.

*Ответ*: а) вероятность заболевания подагрой равна 7,5%; б) ве­роятность заболевания подагрой равна 5%.

**ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ**

90. Врожденный вывих бедра наследуется доминантно, средняя пенетрантность равна 25%. Заболевание встречается с частотой 6 : 10000. Определите число гомозиготных особей по рецессивному гену.

91. Отосклероз наследуется как доминантный аутосомный при­знак с пенетрантностью 30%. Отсутствие боковых верхних резцов у человека наследуется как сцепленный с Х – хромосомой рецессив­ный признак с полной пенетрантностью.

 Определите вероятность проявления у детей обеих аномалий одновременно в семье, где мать гетерозиготна в отношении обоих признаков, а отец нормален по обоим признакам.

92. Карий цвет глаз доминирует над голубым и определяется аутосомным геном. Пенетрантность ретинобластомы равна 60%. Какова вероятность того, что от брака гетерозиготных родителей будут рождаться голубоглазые дети? Какова вероятность того, что здоровыми от брака гетерозиготных родителей будут рождаться кареглазые дети?

93. Черепно – лицевой дистоз наследуется как доминантно – ауто­сомный признак с пенетрантностью 50%. Определите вероятность заболевания детей в семье, где один из родителей гетерозиготен, а другой нормален в отношении анализируемого признака.

**Глава 11. МОЛЕКУЛЯРНАЯ БИОЛОГИЯ**

 Молекулярная биология изучает механизмы хранения и пе­редачи наследственной информации. Установление роли ДНК и РНК в передаче наследственных свойств, знание схемы биосинтеза белка и его регуляции позволяют анализировать закономерности наследственности па молекулярном уровне. Наследственность ор­ганизма определяется набором генов. *Ген* – это участок молекулы ДНК, несущий информацию о первичной структуре белка. Молеку­ла ДНК состоит из двух спирально закрученных вокруг общей оси длинных полинуклеотидных цепей. Отдельные нуклеотиды ДНК состоят из фосфорной кислоты, дезоксирибозы и одного из азо­тистых оснований – аденина, тимина, гуанина, цитозина. В соот­ветствии с видом азотистого основания нуклеотиды получили на­звания – адениловый, гуаниловый, тимидиловый, цитидиловый.

 Важнейшим свойством нуклеиновых кислот является комплементарность нуклеотидов, то есть размещения напротив определен­ного нуклеотида одной цепи комплементарного (соответствующего) ему нуклеотида второй цепи. Такими комплементарными парами являются адениловый и тимидиловый нуклеотиды (А – Т); гуаниловый и цитидиловый (Г – Ц). ‘

 Нуклеотидный состав ДНК обнаруживает определенные зако­номерности (правило Чаргаффа):

1. Сумма адениловых и гуаниловых нуклеотидов равна сумме тимидиловых и цитидиловых нуклеотидов: А + Г = Т + Ц.

2. Число адениловых нуклеотидов равно числу тимидиловых, а число гуаниловых – числу цитидиловых: А = Т ; Г = Ц.

3. Коэффициент специфичности равен отношению: (А + Т)/(Г + Ц).

В процессе биосинтеза белка на одной из цепей молекулы ДНК, как на матрице, синтезируется информационная РНК (и – РНК). Синтез и – РНК происходит по принципу комплементарности нук­леотидов, только в молекуле и – РНК вместо тимидилового нуклео­тида имеется уридиловый, комплементарный адениловому (А – У).

 *Примеры решения задач*

1. На фрагменте одной цепи ДНК нуклеотиды расположены в последовательности:

АТТ – ГЦА – АГТ – ААТ

а) Определите структуру второй цепи. Объясните, чем вы при этом руководствовались? б) Какова длина этого фрагмента ДНК? (Длина одного нуклеотида равна 0,34 нм), в) Определите количест­во нуклеотидов каждого вида в этой ДНК (в %).

 *Решение*:

а) По принципу комплементарности определим структуру II цепи:

АТТ – ГЦА – АГТ – ААТ

ТАА – ЦГТ – ТЦА – ТТА

б) Молекула ДНК двухцепочечная, поэтому ее длина равна дли­не одной цепи. Так как каждый нуклеотид в ней занимает 0,34 нм, то длина ДНК равна: 0,34 ⋅ 12 = 4,08 нм.

в) Всего в двух цепях 24 нуклеотида, поэтому А = 9 (37,5%); Т = 9 (37,5%); Ц = 3 (12,5%);

Г = 3 (12,5%).

*Ответ*: а) принцип комплементарности; б) *l*ДНК = 4,08 нм;

 в) А = 9 (37,5%); Т = 9 (37,5%); Ц = 3 (12,5%); Г = 3 (12,5%).

2. В молекуле ДНК обнаружено 880 гуаниловых нуклеотидов, которые составляют 22% от общего количества нуклеотидов этой ДНК.

 *Определите*: а) Сколько содержится других нуклеотидов в этой молекуле ДНК? б) Какова длина ДНК?

 *Решение*:

 По принципу комплементарности: (А + Т) + (Г + Ц) = 100%.

1) Определим количество второго (цитидилового) нуклеотида: Г = Ц = 880, или 22%.

2) На долю других нуклеотидов (А + Т) приходится:

100% – (22% + 22%) = 56%.

3) Определим количество адениловых и тимидиловых нуклео­тидов:

 880 гуаниловых – 22%,

 *х* адениловых и тимидиловых – 56%,

 *х* = $\frac{880 ∙ 56}{22}$ = 2240 (нуклеотидов).

 2 240 : 2 = 1120 (А), столько же и Т.

 Всего 880 + 880 + 1120 + 1 120 = 4000 нуклеотидов.

4) Узнаем количество нуклеотидов в одной цепи ДНК: 4000 : 2 = 2000.

5) Определим длину одной цепи: 0,34 нм ⋅ 2000 = 680 (нм).

Такова длина и всей молекулы ДНК.

*Ответ*: а) Г = Ц = 880; А = Т = 1120; б) *l*ДНК = 680 нм.

3. Дана молекула ДНК с относительной молекулярной массой 34 500; надолго адениловых нуклеотидов приходится 5175 дальтон (относительная молекулярная масса одного нуклеотида равна 345 дальтон), а) Определите количество нуклеотидов каждого вида. б) Какова длина этой ДНК?

*Решение*:

1) Определим количество нуклеотидов в ДНК: 34500 : 345 =100 (нуклеотидов).

2) Рассчитаем количество адениловых нуклеотидов в ДНК: 5175 : 345 = 15 (нуклеотидов).

3) Количество гуаниловых и цитидиловых нуклеотидов: 100 – (15 А + 15 Т) = 70 (нуклеотидов) приходится на долю Г + Ц, а на долю каждого вида – по 35 нуклеотидов.

4) Так как в двух цепочках ДНК содержится 100 нуклеотидов, а в одной цепи – 50, то длина ДНК равна: 0,34 ⋅ 50= 17 (нм). і-

*Ответ*: а) А = Т = 15 ; Г = Ц = 30; б) *l*ДНК = 34 нм.

**ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ**

94. Известен участок цепи и – РНК: АУГ – УУУ – ААЦ – ЦГЦ – УАА – ГУУ – ЦУУ – УАЦ. Определите строение участка ДНК, с которого снималась эта копия.

95. Фрагмент молекулы ДНК содержит 8000 адениловых нук­леотидов, что составляет 40% от их общего количества. Сколько нуклеотидов других видов в этом фрагменте?

96. Длина гена І86 нм. Определите массу закодированного в нем белка (длина одного нуклеотида равна 0,34 нм; масса одной амино­кислоты составляет ≈ 100 дальтон).

97. Укажите последовательность мономеров участка молекулы ДНК, кодирующего участок молекулы глюкагона, в котором ами­нокислоты следуют друг за другом в таком порядке: треонин – серин – аспарагин – тирозин – серин – лизин – тирозин.

98. Исследования показали, что 34% общего числа нуклеотидов в данной и – РНК приходится на Г, 18% – на У, 28% – на Ц, 20% – на А. Определите процентный состав азотистых оснований двухце­почечной ДНК, слепком с которой является указанная и – РНК.

99. Какую длину имеет молекула ДНК, кодирующая инсулин быка, если известно, что молекула быка имеет 51 аминокислоту, а длина одного нуклеотида в ДНК равна 0,34 нм?

100. Сколько аминокислот закодировано на участке молекулы РНК:

УУУ – ЦЦУ – УУУ – ААГ – АГГ – УГА – ГГГ?

101. Относительная молекулярная масса одной цепи ДНК равна 68 310. Определите количество мономеров белка, запрограммиро­ванного в этой цепи ДНК (масса 1 нуклеотида равна 345 дальтон).

102. 6 500 нуклеотидов входит в состав молекулы РНК вируса табачной мозаики. Одна молекула белка вируса табачной мозаики состоит из 158 аминокислот. Определите: а) длину гена, несущего информацию о структуре этого белка; б) во сколько раз масса гена больше массы белка; в) сколько молекул белка закодировано в мо­лекуле РНК вируса табачной мозаики.

103. Информационная РНК состоит из 327 кодонов. Сколько рибосом (максимум) может входить в состав полисомы, осуществля­ющей синтез белка с данной и – РНК, если диаметр рибосомы 300 А, а интервал между рибосомами – 200 А?

104. Э. Чаргафф, исследуя состав ДНК различных видов, уста­новил, что у человека

А = Т = 20%; Г = Ц = 30 %; у быка А = Т = = 29%; Г = Ц = 21 %; у тутового шелкопряда

А = Т = 28%; Г = Ц = 22%. У какого из названных видов спирали молекулы более проч­но связаны?

105. Белок содержит 0,5% глицина (молекулярная масса гли­цина 75,1). Чему равна минимальная молекулярная масса белка?

106. Какие изменения произойдут в строении белка, если в ко­дирующем его участке ДНК ... ТАА – ЦАГ – АГГ – АЦТ – ААГ ... между 10 – ым и 11 – ым нуклеотидами произойдет вставка цитозина?

107. Фрагмент кодирующей зоны и – РНК имеет следующий со­став нуклеотидов:

5'УАЦ – ГАЦ – ЦАГ – ГАЦ – ЦАА – УУГЗ'. Напишите последовательность нуклеотидов фрагмента цепи ДНК, являю­щейся матрицей для данной и – РНК.

108. Нуклеотидный состав участка правой цепи ДНК имеет вид: … ГГГ – ЦАТ – ААЦ – ГЦТ ... Определите: а) порядок нуклеотидов в левой цепи молекулы ДНК; б) длину этого участка молекулы ДНК; в) содержание (в %) каждого нуклеотида в фрагменте ДНК.

**Глава 12. ЗАДАЧИ НА ПОВТОРЕНИЕ**

1. У человека ген, вызывающий одну из форм наследственной глухонемоты, рецессивен по отношению к гену нормального слуха.

а) Какое потомство можно ожидать от брака гетерозиготных родителей? б) У глухонемой женщины и нормального мужчины родился глухонемой ребенок. Определите генотипы родителей.

2. Серый цвет мухи дрозофилы доминирует над черным. При скрещивании серых мух в потомстве получили 1392 особи серого цвета и 467 особей черных. Каковы генотипы родителей?

3. Одна из форм ночной слепоты наследуется как доминантный признак. Какова вероятность рождения детей, страдающих геме­ралопией, от гетерозиготных родителей? Какова вероятность рож­дения детей с аномалией в семье, где один из родителей страдает ночной слепотой, а другой нет (оба родителя гомозиготны)?

4. Катаракта проявляется несколькими наследственными формами. Большинство из них наследуется по аутосомно – доми­нантному, а некоторые – по аутосомно – рецессивному типу. Какова вероятность рождения детей с аномалией, если оба родителя страдают ее доминантной наследственной формой и гетерозиготны по этой форме и еще гетерозиготны по двум рецессивным формам катаракты?

5. Некоторые формы шизофрении наследуются как аутосомно­ – доминантные признаки, при этом у гомозигот пенетрантность равна 100%, у гетерозигот – 20%. Определите вероятность заболевания детей в семье, где один из супругов гетерозиготен, а другой норма­лен в отношении этого признака. Определите вероятность этого за­болевания у детей от брака двух гетерозиготных индивидуумов.

6. При спаривании черных собак породы кокер – спаниель по­лучается потомство 4 мастей: 9 черных, 3 рыжих, 3 коричневых, 1 светло – желтый. Черный кокер – спаниель был скрещен со свет­ло – желтым. От этого скрещивания в потомстве оказался светло – желтый щенок. Какое соотношение мастей в потомстве можно ожидать от скрещивания этого спаниеля черного цвета с собакой, имеющей одинаковый с ним генотип?

7. В семье, где мать темноволосая, отец – светловолосый, ро­дилось трое детей: две светловолосых дочери и темноволосый сын. Ген данного признака расположен в аутосоме. Проанализируйте генотипы потомства и родителей.

8. У совы рыжая пятнистость рецессивна по отношению к серой, а ген ночного зрения полностью подавляет ген дневного зрения. Оба гена расположены в негомологичных хромосомах. Какие могут быть генотипы родителей, если в потомстве всегда оказываются совы с ночным зрением, но из них половина серых и половина рыжих?

9. Цвет волосяного покрова морских свинок зависит от содержа­ния темного пигмента меланина. Белые свинки при скрещивании между собой дают белое потомство. Темные свинки при скрещи­вании между собой дают темное потомство. Гибриды альбиносов и темных имеют промежуточную (полутемную) окраску. При скре­щивании полутемных морских свинок между собой среди потом­ства оказалось 23 белых и 20 темных особей. Какое число особей среди остального потомства будет похожим на своих родителей?

10. При скрещивании пастушьей сумки с треугольными и оваль­ными плодами все потомство оказалось с треугольными плодами. При дальнейшем скрещивании гибридов между собой часть расте­ний оказалась с треугольными $\left(\frac{15}{16}\right)$, а $\frac{1}{16}$ часть с овальными плодами. Определите генотипы исходных форм и гибридов F1.

11. Родители имеют II и III группы крови. Какие группы крови можно ожидать у их детей?

12. У некоторых цветковых растений ген, определяющий крас­ную окраску лепестков венчика, одновременно вызывает красный оттенок стебля и жилок листа. Рецессивный аллель данного гена дает белую окраску. Цветовод решил разводить растения с белыми цветками из-за тонкого аромата. Но в цветочном магазине ему со­общили, что семена по колеру не разобраны. Тогда цветовод купил три пакета семян из разных хозяйств и высеял по 1 000 штук. Рас­сматривая рассаду, он обнаружил, что семена из первого пакета дали всхожесть только с красными жилками, из семян второго па­кета 75% растений имели красноватые жилки, а из третьего – 50%. Определите, какими по фенотипу и генотипу были цветы в каждом из трех хозяйств.

13. Женщина с III группой крови возбудила дело о взыскании алиментов против мужчины К. с I группой крови, утверждая, что он – отец ее ребенка. Ребенок имеет I группу крови. Какое решение должен вынести суд?

14. Единственный наследный принц Уно собирается вступить в брак с прекрасной принцессой Беатрис. Родители Уно узнают, что в роду Беатрис были случаи гемофилии. Братьев и сестер у Беатрис нет. У тети Беатрис растут 2 сына – здоровые крепыши. Дядя Бе­атрис целыми днями пропадает на охоте и чувствует себя прекрас­но. Второй дядя умер еще мальчиком от потери крови, причиной которой стала неопасная, но глубокая царапина. Дяди, тетя и мама Беатрис – дети одних родителей. С какой вероятностью болезнь может передаться королевскому роду ее жениха?

15. У каракульских овец серая окраска шерсти определяется аутосомно-доминантным геном. Рецессивный аллель обусловлива­ет черную окраску шерсти. Доминантный гомозиготный организм характеризуется недоразвитием пищеварительной системы и по­гибает в эмбриональный период. В стаде были только серошерст­ные бараны и овцы. В потомстве насчитали приплод в 420 ягнят. Определите среди них количество серошерстных особей.

16. Темная эмаль зубов определяется доминантными аллелями двух разных пар, одна из них расположена в аутосомах, а другая – в Х – хромосоме. При наличии хотя бы одного доминантного аллеля зубы имеют темный цвет эмали. Родители имеют темные зубы. Из анализа родословной установлено, что у матери признак сцеплен с Х – хромосомой, а у отца – с аутосомным геном, по которому он гетерозиготен. В семье родились девочка и мальчик с нормальным цветом зубов. Установите, какова вероятность рождения у этих родителей другого сына с нормальной эмалью зубов.

17. Рослые английские моряки (180 см) потерпели кораблекру­шение и попали на остров, населенный низкорослыми аборигена­ми (150 см). Какого роста будут дети от браков английских моря­ков с местными женщинами?

18. Особь имеет генотип А*а*В*b*С*с*, причем кроссинговер между генами ВС составляет 20%. Какие типы гамет и в каком процент­ном соотношении может образовать такая особь?

19. В популяции *р* = 0,8, a *q* = 0,2. Определите частоту встречае­мости генотипов АА, А*а*, *аа*.

20. В генотипе людей, страдающих болезнью Клайнфельтера, имеется не пара, а тройка половых хромосом – X, X, У. С какими нарушениями мейоза может быть связано возникновение такого ненормального набора хромосом? Перебирая все возможные слу­чаи, укажите другие отклонения от нормы в комплексе половых хромосом в генотипе человека.

21. Рассмотрите на рис. 4 схему генеалогического древа «Насле­дование гемофилии в царской семье» и определите: а) Каким об­разом передается ген гемофилии (через аутосомы или половые хромосомы)? б) Является ли аллель, вызывающий заболевание, доминантным?

**Наследование гемофилии в царской семье**



 Рис. 4.

 – женский организм; – мужской организм; – организм, больной гемофилией

22. Только в 1956 году было доказано (Ж. Тжио, А. Леван), что у человека 46 хромосом. В 1959 году Ж. Лежен установил, что син­дром Дауна вызывается трисомией по 21 хромосоме, а) Сколько хро­мосом в клетках человека, страдающего синдромом Дауна? б) На­пишите общую формулу трисомии.

23. Возможна ли ситуация, когда признак, определенный од­ним и тем же геном, является доминантным у части особей данного вида и рецессивным у других особей того же вида? Если возможна, то в каких случаях. Если невозможна, то почему?

24. Черные самки двух разных групп мышей были скрещены с коричневыми самцами. От первой группы мышей было получено 50% черных и 50% коричневых мышат. От второй группы было получено 100% черных мышат. Объясните результаты опытов.

25. У человека аллель карих глаз доминирует над аллелем голу­бых. У деда (1) и у бабки (2) по отцовской линии, у деда по материн­ской линии (3) и у матери (6) – карие глаза. У бабки по материнс­кой линии (4), у отца (5), у сына (7) – глаза голубые. Определите генотипы членов семьи.

26. У кроликов гены дикой окраски С, гималайской *с* и альби­низма *са* составляют серию множественных аллелей, доминиру­ющих в нисходящем порядке (т. е. ген С доминирует над двумя другими, а ген *с* – над геном альбинизма).

а) Какова будет расцветка потомков от скрещивания кролика, об­ладающего диким видом окраски, с гималайским кроликом? б) Ка­кие следует провести скрещивания, чтобы определить генотип кро­лика с диким видом окраски?

27. На одном острове было отстрелено 10000 лисиц, из которых 9991 оказались рыжими, 9 белыми. Определите процентное соот­ношение рыжих гомозиготных, рыжих гетерозиготных и белых лисиц.

28. Зеленозерный сорт ржи при скрещивании с белозерным дает в F1 зеленые семена, а в F2 – расщепляется по окраске: 89 семян зеленых, 28 – желтых, 39 – белых. Как наследуется окраска се­мян? Что получится, если скрестить гибриды F1: а) с гомозиготны­ми желтозерными; б) с белозерными растениями?

29. У душистого горошка высокий рост В доминирует над карли­ковым – *b*, а зеленая окраска бобов С – над желтой *с*. Какое будет потомство от следующих скрещиваний: 1) ВВС*с* × *bbcc*;

2) ВВСС × В*b*С*с*; 3) *bb*СС × В*b*С*с*; 4) В*b*С*с* × *bb*С*с*?

30. У некоторых пород кур ген, определяющий окраску перьев, сцеплен со второй хромосомой. Доминантный аллель обусловлива­ет белую окраску, а рецессивный коричневую. Как нужно произ­водить скрещивание, чтобы можно было определить пол вылупив­шихся цыплят по окраске? Самки гетерогаметны по полу, а сам­цы – гомогаметны.

31. У кур полосатость окраски обусловливается доминантным аллелем гена, локализованным в половой хромосоме, а сплошная окраска – рецессивным аллелем этого же гена. Наличие гребня на голове определяется доминантным аллелем аутосомного гена, а его отсутствие – рецессивным. При скрещивании полосатых птиц с гребешками были получены следующие цыплята: полосатые петушки с гребешком $\left(\frac{3}{8}\right)$ и полосатые без гребешка $\left(\frac{1}{8}\right)$, среди курочек: полосатые с гребешком $\left(\frac{3}{16}\right)$, без гребня $\left(\frac{1}{16}\right)$. Птицы со сплошной окраской также были представлены двумя группами: с гребнем $\left(\frac{3}{16}\right)$ и без гребня $\left(\frac{1}{16}\right)$. Определите генотипы родительских организмов.

32. У человека рецессивный ген (*с*) дальтонизма локализован в Х – хромосоме. Какие типы гамет образуются у женщины с нор­мальным зрением, у которой отец был дальтоником, а мать нет?

33. У человека рецессивный ген (*с*) дальтонизма локализован в Х – хромосоме. Какие типы гамет образуются у мужчины, отец ко­торого был дальтоником, а мать нет?

34. У гороха гладкая форма семян доминирует над морщини­стой. После опыления растений, выросших из сморщенных семян, пыльцой от растений с гладкими семенами одна половина растений имеет морщинистые семена, другая – гладкие. Определите геноти­пы родителей.

35. Нормальный рост у овса доминирует над гигантским, а ран­няя спелость – над поздней. Гены обоих признаков находятся в разных хромосомах. Каким будет потомство от скрещивания гомозиготных организмов: раннеспелого овса нормального роста с позднеспелым гигантского роста? Какой результат ожидается при дальнейшем скрещивании гибридов между собой?

36. У человека карий цвет глаз доминирует над голубым, а спо­собность лучше владеть правой рукой доминирует над леворукос­тью. Гены обоих признаков находятся в разных хромосомах. Ка­реглазый правша женился на голубоглазой левше. Какое потомство следует ожидать в такой семье? Рассмотрите два случая: а) юноша гомозиготен по обоим признакам; б) юноша гетерозиготен по обоим признакам.

37. Если среди представителей какого – либо вида млекопита­ющих есть особи, несущие сцепленный с полом летальный ген, который вызывает гибель и рассасывание зародыша на ранних стадиях развития, то какого отношения полов следует ожидать среди потомков нормальных самца и самки, несущих этот ген?

38. У человека способность ощущать вкус фенилтиомочевины (ФТМ) является доминантным признаком. «Ощущающие» инди­видуумы (ТТ или T*t*) воспринимают как чрезвычайно горькие и даже очень сильно разбавленные растворы ФТМ, тогда как «не ощущающие» не воспринимают вкус этого вещества и при гораздо более высоких концентрациях. Каковы генотипы супругов, если сами они ощущают вкус ФТМ, а один из трех детей является «не ощущающим »?

39. Владелец нескольких тигров, имевших шерсть нормальной окраски с поперечными полосками, приобрел тигра с продольными полосками на шкуре. Скрестив это животное с одним из своих ти­гров, он получил потомство «в клеточку». При скрещивании этих клетчатых тигров между собой в потомстве преобладали «клетча­тые» животные, но было также несколько особей с поперечными и продольными полосами. Составьте схему проведенных скрещиваний и укажите генотипы, определившие полученную окраску шерсти.

40. У коров гены красной (RR) и белой (РР) окраски шерсти кодоминантны; у гетерозиготных особей (RP) шерсть чалая (крас­ная с примесью белых волосков). У фермера было три стада коров: белые паслись на клеверном поле, красные – на люцерновом, а ча­лые – на кукурузном. Был у него бык чалой окраски Фердинанд, обслуживающий коров на всех трех полях.

а) Телят с каким окрасом следовало ожидать в каждом стаде и в каком соотношении?

б) Фердинанд умер от укусов пчелы, и фер­мер решил в память о своем любимом быке завести стадо, состоя­щее из одних чалых коров. Он продал всех красных и белых коров и решил продавать всех красных и белых телят, которые родятся в дальнейшем. Какой масти быка следовало ему взять взамен Фер­динанда, чтобы получать возможно больше чалых телят?

41. Одна из форм цистинурии наследуется как аутосомно – рецес­сивный признак. Ноу гетерозигот наблюдается лишь повышенное содержание цистина в моче, а у гомозигот – образование цистино­вых камней в моче.

а) Определите возможные формы проявления этого заболевания у детей в семье, где один супруг страдал этим заболеванием, а дру­гой имел лишь повышенное содержание цистина в моче, б) Опре­делите возможные формы проявления цистинурии у детей в семье, где один из супругов страдал почечно – каменной болезнью, а дру­гой был нормален в отношении данного гена.

42. От скрещивания серых овец друг с другом в потомстве появи­лись 125 ягнят серой окраски и 62 черной. Как можно объяснить подобный тип расщепления?

43. От скрещивания лисиц платиновой окраски между собой по­лучено всего 185 лисят, из них 127 платиновых, 58 серебристых.

а) Объясните, почему в потомстве платиновых лисиц проис­ходит такое расщепление, б) Если учесть летальность генов, то с генотипом какой окраски связано это проявление?

44. Черный цвет шерсти у кошек (А) доминирует над белым (*а*), а голубой цвет глаз (*b*) рецессивен по отношению к зеленому (В). Обе пары признаков находятся в разных хромосомах. Определите характер расщепления признаков у потомства при скрещивании пар по следующей схеме: a)A*a*B*b* × А*а*В*b*; 6) A*abb* × *aabb*; в) AABB × *aabb*.

45. Если в потомстве у морских свинок 50% особей имеют глад­кую, а 50% вихрастую шерсть, то какие генотипы и фенотипы имеют родители? Мохнатая шерсть доминирует над гладкой.

46. Отсутствие малых коренных зубов наследуется как доми­нантный аутосомный признак. Определите вероятность рождения детей с этим признаком в семье, где один из супругов не имеет этой аномалии, а другой гетерозиготен по этому гену.

47. У человека близорукость доминирует над нормальным зре­нием, карие глаза – над голубыми. Отец и мать гетерозиготны по этим признакам. Определите вероятность рождения голубоглазых детей с нормальным зрением и голубоглазых с близорукостью.

48. У человека заболевание серповидноклеточной анемией (СК) проявляется не полностью доминантным геном (А), причем гомо­зиготное состояние данного гена приводит к разрушению эритро­цитов и данный организм становится нежизнеспособным. Негри­тянская окраска кожи доминирует над европейской. Гены обоих признаков расположены в разных хромосомах. Гомозиготная нег­роидная женщина родила от белого мужчины двух мулатов. Один ребенок не имел признаков анемии, а второй умер от малокровия. Какова вероятность рождения следующего ребенка, не имеющего признаков анемии?

49. Дигетерозиготный организм подвергли анализирующему скрещиванию. Изучаются гены разных пар хромосом. Определите в потомстве соотношение по фенотипу и генотипу.

50. Дана молекула ДНК с относительной молекулярной массой 69000, из них 8625 приходится на долю адениловых нуклеотидов.

а) Сколько нуклеотидов содержится по отдельности? б) Какова длина этой ДНК?