

Задания по биологии

Все многообразие признаков любого организма на самом деле неслучайно. То, какими мы будем во многом предопределено. И информация об этом у живых организмов хранится в молекулах ДНК (дезоксирибонуклеиновой кислоты). Если рассматривать эукариот, то ДНК содержится в ядре, митохондриях и хлоропластах. В данном курсе нас будет интересовать исключительно ядерная ДНК.

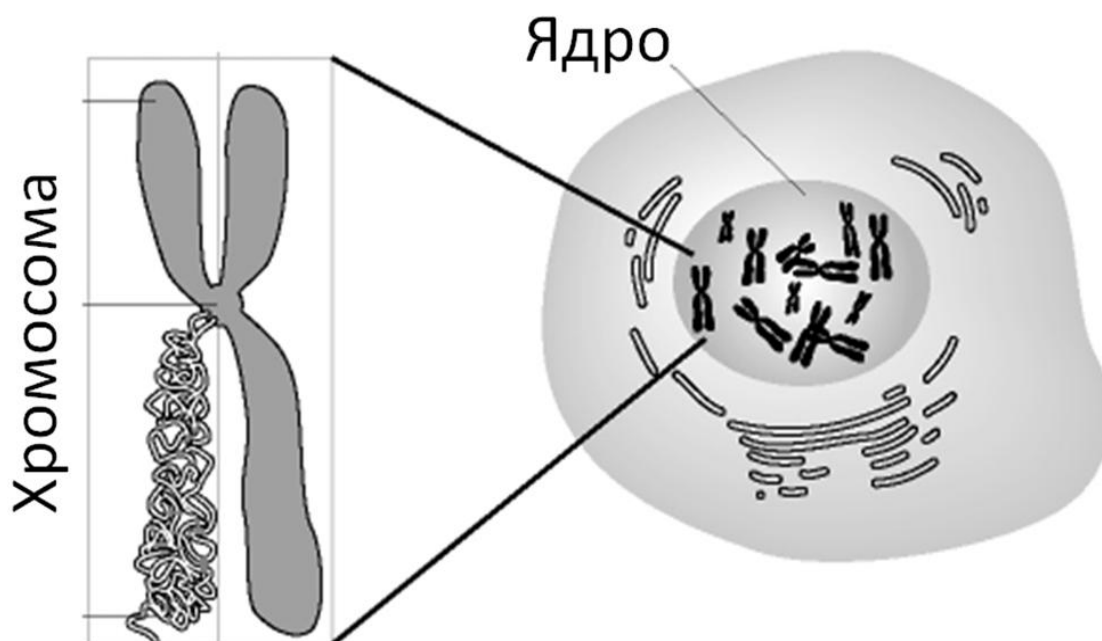
В ядре молекулы ДНК особым образом упакованы в комплексе с белками. Такие комплексы называют **хромосомами**.

Количество хромосом у разных видов организмов может различаться. У человека, например, 46 хромосом, у собаки – 78, а у некоторых видов растений больше тысячи.

У организмов, размножающихся половым путем, половина хромосом любой соматической клетки унаследована от одного родителя, другая половина – от второго.

Каждый из родителей дает своему будущему потомку **гаплоидный** (n) набор хромосом. В соматических клетках потомка в итоге содержится **диплоидный** ($2n$) набор, состоящий из n типов хромосом, по 2 хромосомы каждого типа.

Хромосомы одного типа, полученные от разных родителей, называются **гомологичными**.



Самым важным свойством гомологичных хромосом является их одинаковое генетическое содержание – расположение одних и тех же генов (участков ДНК, кодирующих проявление определенного признака) в идентичных участках. Отсюда следует, что **все гены**, так же как и хромосомы, в соматических клетках **присутствуют в двух экземплярах**.

Небольшие различия в строении гомологичных генов могут приводить к тому, что проявление признака, за который отвечают эти гены, может различаться. Гены, определяющие альтернативное развитие одного и того же признака и расположенные в идентичных участках гомологичных хромосом, называются **аллельными**, или **аллелями**. Серия аллелей обозначается одной и той же буквой, с разными индексами (A, a₁, a₂, a₃,...).

Любой диплоидный организм может содержать только два из всевозможных вариантов одного гена.

При образовании половых клеток в процессе мейоза в каждую гамету попадает только одна из гомологичных хромосом и соответственно только один аллель. Совокупность всех **генов** соматической клетки организма называют **генотипом**. Совокупность всех **признаков** организма называют **фенотипом**.

Особи, имеющие в генотипе одинаковые аллели (генотип AA или aa), называются **гомозиготными**.

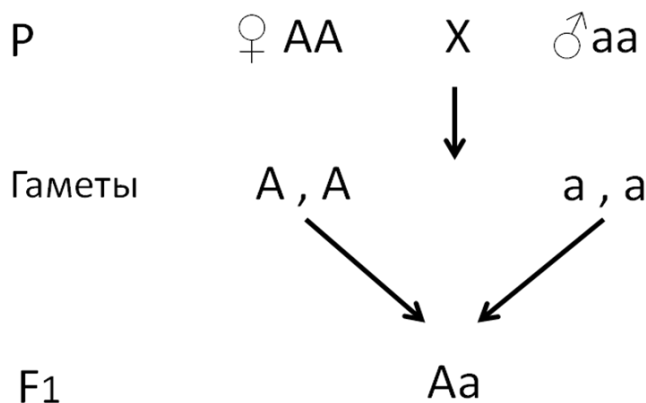
Особи, имеющие в генотипе разные варианты аллелей (генотип Aa), называются **гетерозиготами**.

Для анализа генетических закономерностей используют следующие обозначения:

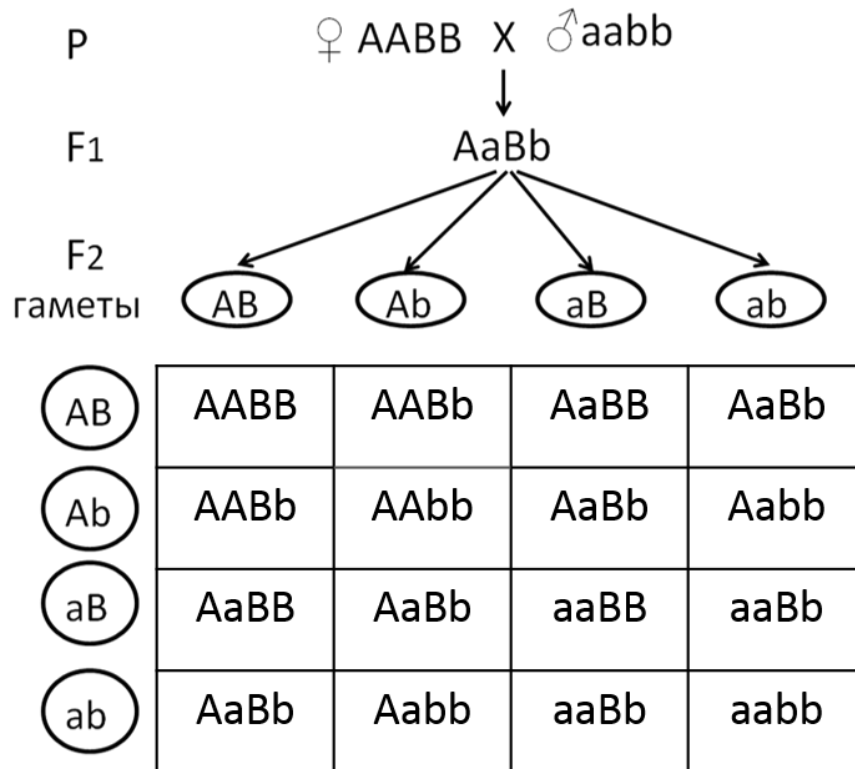
- P – родительские организмы
- F₁ – потомки первого поколения
- F₂ – потомки второго поколения и т.д.
- x – обозначает скрещивание
- ♂ – мужской пол
- ♀ – женский пол

ЗАКОНЫ МЕНДЕЛЯ

Первый закон Менделя (закон единообразия гибридов первого поколения): потомство первого поколения от скрещивания гомозиготных организмов, различающихся по одному наследуемому признаку, имеет одинаковый фенотип по этому признаку.



Второй закон Менделя (закон расщепления): в потомстве, полученном от скрещивания гибридов первого поколения, наблюдается расщепление: четверть особей из гибридов второго поколения имеет рецессивный признак, три четверти – доминантный.



ТЕОРИЯ ВЕРОЯТНОСТИ В ГЕНЕТИКЕ

1. Вероятность (P) случайного события A – $P(A)$ есть число, заключенное между 0 и 1: $0 \leq P(A) \leq 1$
2. Вероятность случайного события $P(A)$ равна отношению числа случаев M, благоприятствующих этому событию, к общему числу N всех случаев: $P(A) = M/N$
3. **Правило сложения вероятностей:** если событие C возникает как результат двух несовместимых событий A и B, то вероятность события C равна сумме вероятностей событий $P(C) = P(A) + P(B)$
 Несовместимыми событиями называют такие, совместное наступление которых в одном испытании невозможно.
4. **Правило умножения вероятностей:** если событие возникает как результат двух независимых, полностью совместимых события A и B, то вероятность такого события $P(A*B)$ равна произведению вероятностей этих событий $P(A*B) = P(A) * P(B)$

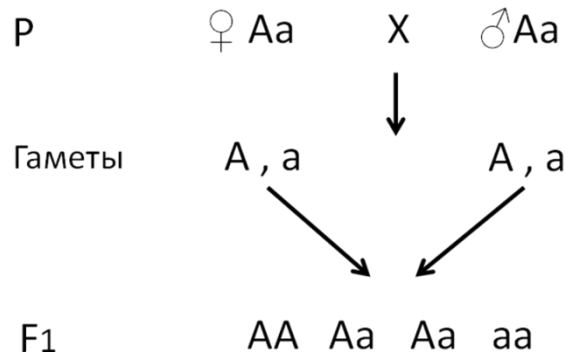
Рассмотрим все это на конкретных примерах:

Пример №1

При моногибридном скрещивании Aa x Aa какова вероятность

- 1) Получить потомков с генотипом AA?
- 2) Получить потомков с генотипом Aa?
- 3) Получить в потомстве гомозигот?

Решение:



Следовательно

1) $P(AA) = 1/4 = 0,25$;

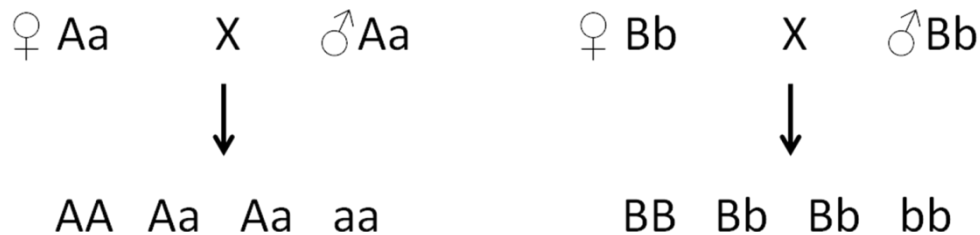
2) $P(Aa) = 2/4 = 0,5$

3) Гомозиготные особи – это особи имеющие генотип AA и aa, поэтому $P(\text{гомозигот}) = P(AA) + P(aa) = 0,25 + 0,25 = 0,5$

Пример №2

А при дигибридном скрещивании AaBb x AaBb какова вероятность получить потомка с генотипом AABb?

Решение: отдельно рассмотрим расщепление по гену А и В.



Появление потомка с генотипом AABb – это результат одновременного выполнения двух независимых условий: генотипа AA и генотипа Bb.

$P(AABb) = P(AA) * P(Bb) = 0,25 * 0,5 = 0,125$

ЗАДАЧИ

Моногибридное скрещивание

1. При скрещивании золотой самки дракона с зеленым самцом в первом поколении получили потомство золотого цвета. Составьте схему данного скрещивания и определите, какая окраска роговых чешуй у драконов доминирует?
2. На псарне получен приплод в 225 существ. Из них 167-церберы (имеют три головы), а 58 – адские гончие (имеют одну голову). Определите генотипы исходных форм (родителей), если известно, что трехголовость доминирует над моноголовостью.
3. В семье, где оба родителя имели нормальный слух, родился глухой ребенок. Какой признак является доминантным? Каковы генотипы всех членов этой семьи?
4. Так называемый «белый локон» или седая прядь у человека наследуется как доминантный признак. Какова вероятность рождения детей без «белого локона», если родители имели «белый локон» и были гетерозиготными по этому признаку?

5. У человека цвет глаз определяется серией из 4-х аллелей. Черный цвет глаз закодирован в аллеле А и доминирует над карим, определяющимся геном а₂. Тот в свою очередь доминирует над аллелем а₃, кодирующим голубые глаза. И наконец аллель а₃ доминирует над аллелем а₄, кодирующем серые глаза. У родителей, один из которых имел черные глаза, а другой карие, родился ребенок с серыми глазами. Определите генотипы всех членов семьи.

6. Ребенок с карими глазами никогда не видел своего отца. Глаза его матери серые, а обе его сестры голубоглазые. Определите цвет глаз отца и генотипы всех членов семьи.

7. У молодого человека разные глаза: голубой и карий (цвет одного из глаз отличается от наследственно обусловленного, так как в нем произошла мутация на стадии закладки радужной оболочки). Он решил выяснить, в каком из глаз произошла мутация. У его матери голубые глаза, а отца карие. Сможет ли он все выяснить, если также известно, что у его брата голубые глаза? А если у брата серые?

8. У человека ген длинных ресниц доминирует над геном коротких ресниц. Женщина с длинными ресницами, у отца которой ресницы были короткими, вышла замуж за мужчину с короткими ресницами. Выясните:

1) Сколько разных генотипов и фенотипов может быть у детей в этой семье?

2) Какова вероятность рождения в данной семье ребенка с длинными ресницами?

9. У грифонов светлая окраска доминирует над темной.

Грифон Георгий, мать которого была темной, а отец – гомозиготным светлоокрашенным, был спарен с самкой грифона Мишель. Мать Мишель была светлой масти и являлась гетерозиготной, а ее отец имел темный окрас. Определить генотип Георгия и вероятные генотипы Мишель. Какова вероятность получения от Георгия и Мишель темных грифончиков в потомстве?



Дигибридное и полигибридное скрещивание

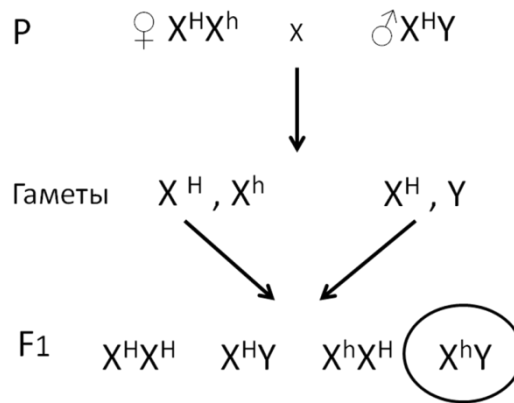
10. У тянитолкаев гены, отвечающие за длину шеи и форму копыт лежат в разных хромосомах. Короткая шея и круглые копыта доминируют на длинной шеей и квадратными копытами. Скрестили гомозигот: особь с короткой шеей и квадратными копытами с особью с противоположными признаками. Каким будет первое поколение по генотипу и фенотипу? Чего следует ожидать во втором поколении?

11. В одной популяции барабашек все особи зеленые и сумасшедшие, а в другой – синие и адекватные. Как можно получить гомозиготных адекватных зеленых барабашек? Синий цвет доминирует над зеленым, а сумасшествие над адекватностью.

12. При скрещивании черепах, одна из которых имела темно-зеленый панцирь и была веселой, а вторая была грустная и также имела темно-зеленый панцирь, было получено 3 черепашки: одна веселая и имела темно-зеленый панцирь, другая – темно-зеленая и грустная, а третья – светло-зеленая и веселая. Каковы генотипы родителей? Каких еще черепашек можно было ожидать в этом скрещивании? Какова вероятность их появления?

13. Глаукома взрослых наследуется несколькими путями. Одна форма определяется доминантным геном, другая – рецессивным, несцепленным с предыдущим геном. Какова вероятность рождения здорового ребенка в случае, если оба родителя гетерозиготны по обоим парам патологических генов? Какова вероятность рождения детей с аномалией в семье, где один из родителей гетерозиготен по обоим парам этих генов, а другой нормален в отношении зрения и гомозиготен по обоим парам генов?

14. У кротов черная и короткая шерсть – доминантные, независимо наследуемые признаки. При скрещивании короткошерстных черных кротов получено: 18 черных короткошерстных потомков, 7 черных длинношерстных, 6 кофейных короткошерстных и



Женщина, не страдающая гемофилией, однако являющаяся носителем рецессивного аллеля h (генотип $X^H X^h$), выходит замуж за мужчину, который так же не страдает гемофилией (генотип $X^H Y$).

При этом среди их детей может оказаться сын (именно сын), страдающий гемофилией.

ЗАДАЧИ

Наследование, сцепленное с полом

18. Ген, ответственный за развитие рахита — доминантный ген полного доминирования, локализованный в X-хромосоме. От брака женщины, страдающей рахитом, и здорового мужчины, рождается здоровая девочка. Может ли данная семья быть абсолютно уверенной в том, что и все последующие дети, родившиеся в этой семье, будут такими же здоровыми, как и эта девочка-первенец? Может ли заболевание проявиться в будущем у детей этой девочки (при условии, что ее муж будет здоровым)?

19. У человека есть наследственное аллергическое заболевание – геморрагический диатез, вызываемый рецессивным геном. Аллели этого гена находятся в половых хромосомах. Определите, какие будут дети, если родители: а) жена и все ее предки здоровы, а муж болен; б) муж и все его предки здоровы, а жена больна?

20. У драконов цвет чешуи контролируется геном, находящимся в X-хромосоме. Аллель ***B*** вызывает развитие голубой окраски, аллель ***b*** – розовой, а гетерозиготы имеют чешую сиреневого цвета. Цвет скорлупы яиц полностью отражает окраску будущего дракончика. Пол у драконов определяется также как у людей.

Королевская чета драконов взволнована следующим событием: непослушная принцесса с сиреновой чешуей сбежала из дворца, а когда вернулась, то отложила 3 яйца. Из одного вылупилась девочка лазурного цвета, 2 других яйца (сиреневое и розовое) еще не проклюнулись. Надо определить, как выглядит отец драконят, а также какого пола потомки вылупятся из оставшихся яиц, будут ли среди них наследники мужского пола? Запишите генотипы принцессы, ее избранника и их детей.

21. Способность драконов изрыгать огонь наследуется как доминантный, сцепленный с X-хромосомой признак. Vegetарианство среди драконов вызывается редкой аутосомной рецессивной мутацией. Огнедышащий плотоядный дракон скрещивается с огнедышащей вегетарианкой и у них рождается дракончик-вегетарианец мужского пола, не способный выдыхать огонь. С какой вероятностью в этой семье родится такой же полноценный мальчик-дракон как и его папа? Определите генотипы родителей и детей.

22. В потомстве чистопородного птицы-говоруна и ничем не примечательной курицы (в роду у которой тоже не было никого выдающегося) все самки оказались чрезвычайно сообразительны, хотя умом не блистали, самцов же природа обделила по обоим параметрам. Сообразительная самка из F1 нашла себе такого же умного и

сообразительного кавалера как ее отец, и все птенцы у них родились сообразительные, а по признаку ума наблюдалось расщепление 1:1 независимо от пола цыплят. Как наследуются признаки ума и сообразительности? Если ли шанс рождения хоть чем-то одаренных детей у глупого самца из F1, если очевидно, что умная и сообразительная самка на него не обратит внимания?

23. Все 33 богатыря, рожденные сестрой Черномора, имели светлые гладкие и шелковистые волосы, в то время как у самого Черномора волосы черного цвета скорее напоминали колючую щетину. Предположите, как выглядели родители Черномора, если известно, что черные жесткие волосы – это доминантный сцепленный с полом признак. Помогут ли знания генетики определить, а кто же был отцом 33 богатырей?

24. Известно, что большеухость у чебурашек наследуется как признак, сцепленный с полом. Чебурашка из добропорядочной семьи (естественно, с большими ушами), несмотря на протесты родителей, берет в жены чебуриху с маленькими ушами (что для чебурашек конечно считается страшным уродством). Вся семья несказанно обрадовалась, что дети в этом браке все как на подбор имели большие уши. Однако когда сыновья из F1 подросли и женились на нормальных чебурихах, то половина девочек в каждом выводке (F2) оказалось мелкоухих. У чебурих из F1 такой проблемы не наблюдалось, все потомки (F2, F3 и т.д.) были красивые и здоровые. Внимание вопрос: а как определяется пол у чебурашек (какой пол гетерогаметен)?



ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ГЕНОВ

Генотип любого организма состоит из большого количества генов, функционирующих как целостная система. Поэтому, такую систему нельзя рассматривать как простую сумму независимых генов, каждый из которых функционирует вне связи с другими. Проявления того или иного признака являются результатом взаимодействия многих генов. Выделяют две группы взаимодействий генов: взаимодействие **аллельных генов** и **неаллельных генов**.

Взаимодействие аллельных генов

- 1. Полное доминирование** – взаимодействие двух аллелей одного гена, при котором один из аллелей (доминантный) полностью маскирует действие другого (рецессивного).
Доминантные аллели обозначаются латинскими заглавными буквами (A,B); рецессивные – строчными (a,b). В том случае, когда существует много вариантов гена, доминирование аллелей относительно друг друга обозначают следующим образом: $A > a_1 > a_2 > a_3$.
- 2. Неполное доминирование** – доминантный аллель в гетерозиготном состоянии (Aa) не полностью подавляет действие рецессивного аллеля. Гетерозиготы имеют промежуточный признак.
- 3. Кодоминирование** – проявление у гетерозигот (Aa) нового варианта признака. При этом, в отличие от неполного доминирования, оба аллеля проявляются в полной мере.

Взаимодействие неаллельных генов

Эпистаз – тип взаимодействия генов, при котором один ген (эпистатичный) подавляет действие другого неаллельного гена (гипостатичного). Данный тип взаимодействия может быть как доминантным, так и рецессивным. При **доминантном эпистазе** эпистатичный ген (J) подавляет проявление гипостатичного гена (A, a), а расщепление по фенотипу обычно наблюдается в соотношении 12:3:1, 13:3, 7:6:3. При

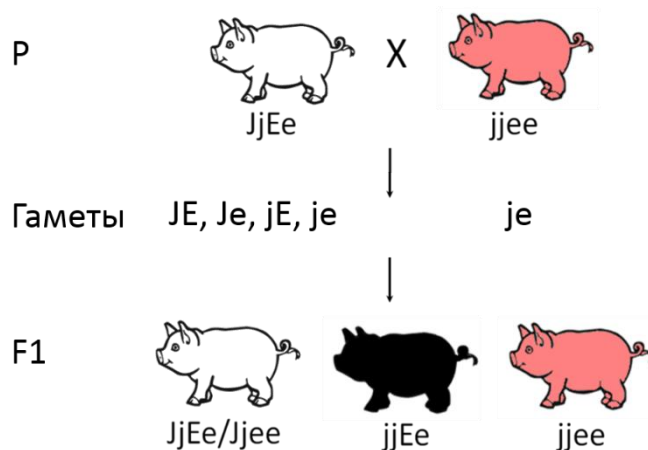
рецессивном эпистазе рецессивным аллелем эпистатического гена подавляется действие гипостатического ($j > A, a$). Расщепление по фенотипу в данном случае наблюдается в соотношении 9:3:4, 9:7, 13:3.

Данный тип взаимодействия мы рассмотрим на конкретном примере.

Пример №3

Свиньи бывают черной, белой и красной окраски. Белые свиньи несут минимум один доминантный эпистатический ген **J**. Черные свиньи имеют доминантный ген **E** и гомозиготны по рецессивному аллелю **j**. Красные поросята (**jje**) лишены доминантного гена-подавителя **J** и доминантного гена, определяющего черную окраску. Какое потомство следует ожидать при скрещивании белой дигетерозиготной свиньи и красного кабана?

Решение:



Таким образом, в F1 наблюдается расщепление 2:1:1 по окраске (белые: черные: красные соответственно).

Жизнь удивительна и разнообразна, и существуют также и другие способы взаимодействия генов, но о них вы узнаете позднее, когда будете подробнее изучать генетику.

ЗАДАЧИ

Взаимодействие генов

25. Скрестили пестрых петуха и курицу. В результате получили 26 пестрых, 12 черных и 13 белых цыплят. Какой признак доминирует? Как наследуется окраска оперения у этой породы кур?
26. При скрещивании красноплодной земляники между собой всегда получаются красные ягоды, а при скрещивании белой – белые ягоды. В результате скрещивания обоих сортов между собой получаются розовые ягоды. Какое потомство получится от скрещивания земляники с красными плодами с земляникой с розовыми плодами?
27. Врожденно бесхвостая самка гаргульи от скрещивания с самцом гаргульи, имеющим хвост нормальной длины, родила 5 короткохвостых гаргулят. Какое расщепление по длине хвостов можно теоретически ожидать от скрещивания гаргулят между собой? Какое потомство получится от скрещивания короткохвостой самки гаргульи с самцом гаргульи, имеющим нормальный хвост?
28. У коров гены красной (**R**) и белой (**r**) окраски кодоминантны друг другу. Гетерозиготные особи (**Rr**) – чалые. Фермер купил стадо чалых коров и решил оставлять себе только их, а красных и белых продавать. Быка какой масти он должен купить, чтобы продать как можно больше телят?

29. В родильном доме перепутали двух детей. Первая пара родителей имеет I и II группы крови, вторая пара – II и IV. Один ребенок имеет II группу, а второй – I группу. Определить родителей обоих детей.

30. У мальчика с IV группой крови есть родная сестра, имеющая I группу крови. а) Что можно сказать о группах крови родителей этих детей, если известно, что на протяжении многих поколений в семье их матери было 8 детей и ни у кого не было III группы крови? б) Какова будет вероятность рождения у данного мальчика сына со II группой крови, если он женится на девушке с I группой крови?

31. Женщина со II группой крови возбудила дело о взыскании алиментов с мужчины, имеющего I группу, утверждая, что он отец ребенка. У ребенка I группа. Какое решение должен вынести суд?

32. При скрещивании растений волшебной мандрагоры с белыми и желтыми корнями все потомство F_1 имело белые корни. При скрещивании этого потомства между собой в их потомстве F_2 было получено: 204 растения с белыми корнями, 53 с желтыми корнями и 17 растений с зелеными корнями. Определите возможные генотипы родителей и потомства.

33. В лаборатории по изучению мини-орков установили, что у них зелёный цвет кожи определяется доминантным геном **A**, а серый – доминантным геном **B**. Ген **A** эпистатичен гену **B**, и последний в его присутствии не проявляется. При отсутствии в генотипе обоих доминантных генов кожа белая. При скрещивании двух серокожих мини-орков исследователь получил орчат с серой и белой кожей в соотношении 3:1. Далее исследователь мини-орков решил скрестить серых орчат из первого поколения с орчатами дигетерозиготами. Какое расщепление по цвету кожи можно ожидать среди гибридов второго поколения?

38. Дальтонизм у человека обусловлен рецессивным геном в X-хромосоме. В семье родителей с нормальным цветовым зрением 4 дочери и 2 сына имеют нормальное зрение. Два сына – дальтоники, при этом один из них – с синдромом Кляйнфельтера, т.е. имеет хромосомный набор XXУ. Определите:

1. генотипы матери и отца по гену дальтонизма;

2. генотип по гену дальтонизма больного с синдромом Кляйнфельтера;

3. причину образования аномального хромосомного набора: можно ли определить, у кого из родителей при образовании гамет произошло нерасхождение хромосом, и в каком делении мейоза?

39. У кур полосатая окраска оперения определяется доминантным сцепленным с полом геном (рецессивный аллель соответствует черной окраске). Коротконогость наследуется по аутосомно-доминантному типу, причем в гомозиготном состоянии данная мутация имеет летальный эффект. От неизвестных курицы и петуха получены цыплята: 1/6 с нормальными ногами черных курочек, 1/6 с нормальными ногами полосатых петушков, 1/3 коротконогих черных курочек и 1/3 коротконогих полосатых петушков. Определите генотипы и фенотипы родителей.

40. Пигментный ретинит (прогрессирующее сужение поля зрения и усиливающаяся ночная слепота, нередко приводящая к полной слепоте) может наследоваться тремя путями: как аутосомный доминантный признак, как аутосомный рецессивный и как рецессивный, сцепленный с X-хромосомой. Определите вероятность рождения больных детей в семье, где мать больна пигментным ретинитом и является гетерозиготной по всем трем парам генов, а отец здоров и нормален по всем трем признакам.

41. У дрозофилы цвет глаз контролируется двумя генами: геном bw^+ , контролирующим выработку коричневого пигмента, и геном st^+ , контролирующим выработку ярко-алого пигмента. При нормальной работе двух генов глаза у дрозофилы будут красного цвета, при мутациях в одном из генов пигмент, который контролируется данным геном вырабатываться не будет. Муху с красными глазами, гетерозиготную по генам bw^+ и st^+

скрестили с с мухой, у которой глаза коричневые, притом по второму гену она является гетерозиготной. Напишите, какие группы потомков и в каких соотношениях образуются в данном скрещивании, а также вероятность рождения мухи с ярко-алыми глазами.

42. У мужчины, страдающего нейрональной несиндромальной глухотой, который был женат на здоровой женщине половина детей оказалось больными, а половина — здоровыми, притом у всех его дочерей все дети оказались здоровыми. Предложите характер наследования нейрональной несиндромальной глухоты, а также рассчитайте вероятность рождения у него здорового ребенка со второй группой крови, если известно, что у бабушки ребенка по отцовской линии первая группа крови, у отца вторая группа крови. У бабушки и дедушки по материнской линии также вторая группа крови, но дедушка является гетерозиготным по данному признаку.

43. Генетик скрещивая кукурузу с красными и белыми зернами, в первом поколении получил потомство, у всех представителей которого зерна были красными. После скрещивания особей из первого поколения, генетик ожидал получить расщепление 3:1 красных и белых зерен. Получив же, на самом деле, расщепление 15:1 генетик был сильно удивлен. Позже генетик заметил, что некоторые зерна являются более красными, чем другие. Он выделил четыре группы красных зерен по интенсивности окраски, расщепление по которым составляло 1:4:6:4. Помогите генетику определить характер наследования признака цвета зерен у кукурузы и распишите генотипы особей, участвовавших в скрещивании.

44. У жеребца с серым окрасом и у рыжей кобылы за все время родилось 8 серых жеребят, 3 вороных и 4 рыжих. Скрестив молодого вороного жеребца из F1 с серой кобылой, потомство получилось точно таким же. Определите характер наследования окраса у лошадей и напишите генотипы всех особей в скрещиваниях.

45. Мужчина с синдромом Марфана и глазным альбинизмом женился на здоровой во всех отношениях женщине, в результате этого половина детей у них имела синдром Марфана, но окраска радужки глаза была у всех в норме. Здоровая дочь из этой семьи вышла замуж за мужчину, страдающего глазным альбиизмом, но не имеющего синдром Марфана. В результате у них все дети родились без синдрома Марфана, но половина мальчиков и девочек у них имели глазной альбинизм. Определите генотипы всех родителей и потомков и характер наследования признаков.

46. В государстве Биоруссия классовая принадлежность человека определяется его генотипом. Ген А дает купечество, ген В – дворянство. Наличие сразу двух доминантных генов А и В обуславливает королевскую кровь, а их рецессивные аллели – крестьянство. Один из королей Биоруссии совершенно неожиданно для народа женился на простой крестьянке (кстати, этот король был из семьи чистокровной королевы и чистокровного дворянина). В семье молодого короля и крестьянки родились два сына с разной классовой принадлежностью. Повзрослев и возмужав, оба влюбились в одну и ту же девушку, которая родилась в семье чистокровных дворянина и купчихи. Найдите фенотипы и генотипы всех участников этого любовного треугольника и их родителей. За кого из юношей девушке нужно выйти замуж, если она хочет, чтобы её дети были из тех же классов что и её родители?

Составители: Климов Л.О., Климова О.А., Михеев С.А., Сорокина А.Е., Просолова М.А., Черданцев С.В., Шнайдер Т.А.