

**Е. Н. Советников**

**ЕГЭ**

**БИОЛОГИЯ  
ГЕНЕТИКА**

**ПОЛНЫЙ ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ  
И ПРАКТИЧЕСКИЙ КУРС**

**▶ НЕОБХОДИМАЯ ТЕОРИЯ**

**▶ ЗАДАЧИ ВСЕХ ТИПОВ**

**▶ РАЗВЕРНУТЫЕ РЕШЕНИЯ**

**12+**

Егор Советников

**Биология. Генетика.  
Полный теоретический  
и практический курс**

«Автор»

2022

## **Советников Е. Н.**

Биология. Генетика. Полный теоретический и практический курс /  
Е. Н. Советников — «Автор», 2022

Задачи по генетике приносят до 4 первичных баллов на ЕГЭ. Генетика - простой и интересный раздел биологии, занимающий в ЕГЭ и ОГЭ особое место. Для изучения генетики не требуется специальных знаний. Книга репетитора с многолетним стажем позволит вам освоить генетику с нуля. В данной книге используется подход step-by-step: пошаговое и поэтапное погружение в тему, начиная с самых простых заданий, заканчивая заданиями олимпиадного уровня. Книга поможет самостоятельно изучить генетику и научиться решать задания №4 и №28.

© Советников Е. Н., 2022

© Автор, 2022

# Содержание

|                                      |    |
|--------------------------------------|----|
| Введение                             | 5  |
| Раздел 1. Теория                     | 6  |
| Основные понятия с объяснениями      | 6  |
| Основные понятия (без объяснений)    | 9  |
| Обозначения в генетике               | 10 |
| Основные законы генетики             | 11 |
| Критерии оценивания задания №28      | 17 |
| Алгоритм решения задачи              | 18 |
| Раздел 2. Модели задач               | 19 |
| Классическое дигибридное скрещивание | 19 |
| Конец ознакомительного фрагмента.    | 20 |

# **Егор Советников**

## **Биология. Генетика. Полный теоретический и практический курс**

### **Введение**

Задачи по генетике являются неотъемлемой частью любого варианта ЕГЭ по биологии и регулярно изучаются в школе на уроках. В структуре ЕГЭ по биологии задачам по генетике отведено два номера: задание №4 и задание №28, что суммарно дает 4 первичных балла. Это довольно много, учитывая шаблонность и алгоритмичность данных заданий.

В учебном пособии мы изучим теоретические основы генетики, необходимые для решения задания №28, а затем закрепим их с помощью решения большого числа задач. Что касается задания №4 то его выполнение не вызывает трудностей у учеников, успешно решающих задание №28, поэтому отдельная подготовка к заданию №4 не требуется.

Пособие состоит из трех разделов. Раздел 1 посвящен теоретическим основам генетики. Начинайте с него, если никогда не изучали генетику или имеете слабый уровень по генетике. Если вы умеете решать типичную задачу на дигибриное скрещивание, то можете сразу приступить к Разделу 2. Если вы отлично справляетесь с типичными задачами ЕГЭшного формата, то сразу переходите к Разделу 3, где вас ждут самые нестандартные задачи по генетике.

Учебное пособие все еще находится в стадии разработки, поэтому в нем отсутствуют некоторые разделы и пояснения, могут быть допущены ошибки фактического плана. Любые ваши замечания и пожелания я с удовольствием и благодарностью приму в письменном виде по почте [egorsovetsnikov@mail.ru](mailto:egorsovetsnikov@mail.ru) или в социальной сети «ВКонтакте» [vk.com/egorsovetsnikov](https://vk.com/egorsovetsnikov)

Я искренне желаю, чтобы каждый из читающих заинтересовался генетикой и отлично сдал предстоящие экзамены.

Успехов и удачи!

## Раздел 1. Теория

### Основные понятия с объяснениями

Признак – любая особенность организма, начиная от строения клетки и протекающих в ней биохимических реакций, заканчивая анатомией всего организма, вплоть до черт характера или заболеваний. В основе признаков лежат белки. За какие-то признаки отвечает один белок, за какие-то много.

Фенотип – совокупность признаков организма (не всех, а именно тех, которые рассматриваются в задаче).

Ген – единица наследственного материала. С точки зрения материи – это часть хромосомы, очень длинная последовательность нуклеотидов ДНК, с которой в дальнейшем может считаться РНК и произойти синтез белка. То есть, это «чертеж» будущего белка, который может отвечать за какой-нибудь конкретный признак. Обозначается какой-нибудь буквой, желателно попроще («А» или «а», но никак не «J» или «w», хотя этого никто не запрещает).

Генотип – совокупность генов организма (не всех, а именно тех, которые рассматриваются в задаче).

Таким образом, схему синтеза белка из цитологии:

ДНК → РНК → Белок

Можно преобразовать в схему проявления признака в генетике:

Ген → Белок → Признак

Но сам белок нас редко будет интересовать, поэтому упростим еще сильнее:

Ген → Признак

Но в генетике есть усложнение, которого нет в цитологии – не с любой последовательности ДНК будет считываться РНК и синтезироваться белок. Поэтому схема сложнее:

«Крутые» гены → Признак

«Некрутые гены» → Нет признака

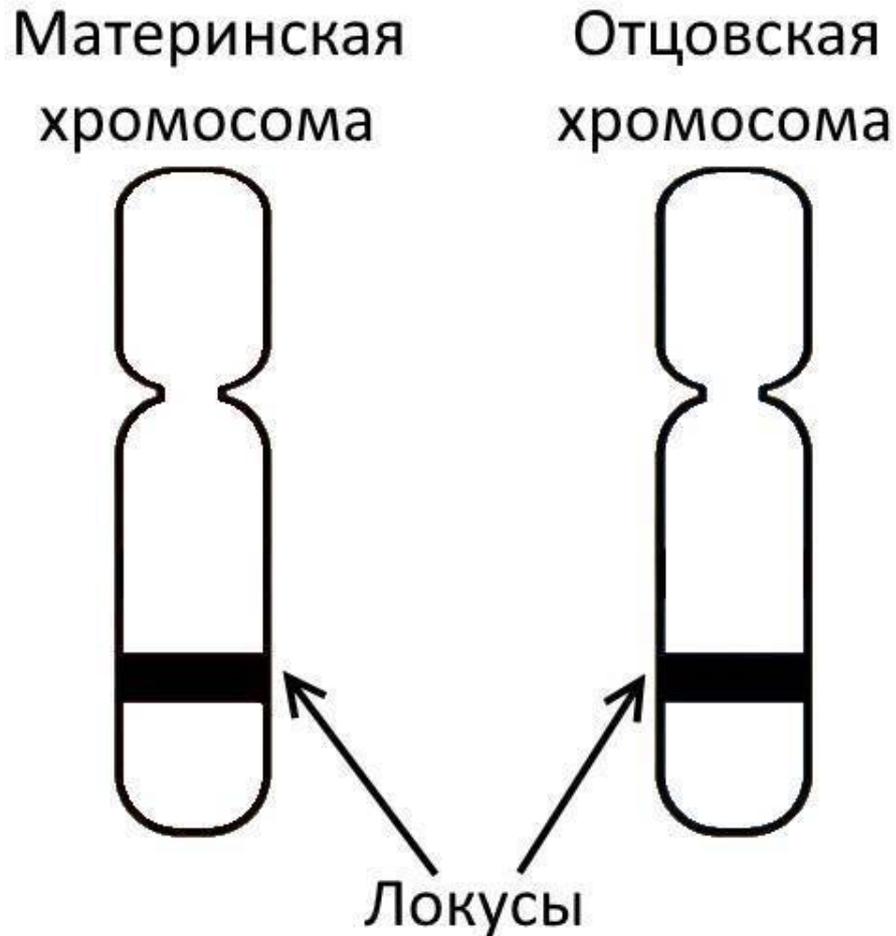
В чем разница между «крутыми» и «некрутыми» генами? В том, что «крутые» гены подавляют работу «некрутых».

Все гены работают парами (иногда из этого есть исключения). Один ген достается от мамы, другой от папы (иногда и из этого есть исключения, но это не про однополые браки). Получается, каждый ген в паре получен от одного из родителей. Вот один этот ген называется аллелью, а пара генов – аллельными генами.

Аллель – форма одного и того же гена, представленная в одной хромосоме. Обозначается одной буквой (например, «А» или «а»).

Аллельные гены – парные гены, различные формы одного гена (большая буква или маленькая буква).

На материальном уровне это объясняется следующим. У тебя 46 хромосом (если больше или меньше, то у меня для тебя плохие новости). Хромосомы сидят в ядре парами. Хромосомы в паре очень похожи друг на друга по размеру и форме (прямо как ты и пирожок с картошкой в школьной столовке). Такие хромосомы называются гомологичными. В каждой гомологичной хромосоме есть локусы – одинаковые места. Вот последовательности ДНК в этих локусах в каждой из гомологичных хромосом и есть понятие аллели. А обе последовательности ДНК называются аллельными (парными) генами.



## Гомологичные хромосомы

Обратите внимание, что привычное изображение хромосом в виде X-образных структур – это их визуализация в интерфазе митоза или мейоза, где они удвоены. На самом деле хромосома состоит из одной молекулы ДНК, покрытой белками и выглядит как лопасть пропеллера.

Вернемся к «крутым» и «некрутым» генам. Теперь мы знаем, что все гены работают парами. В одной паре может быть либо два «крутых» гена, либо два «некрутых» гена, либо один «крутой» и один «некрутой» ген.

Два «крутых» гена круто работают друг с другом. Два «некрутых» гена, как ни странно, тоже. А вот если встречаются «крутой» и «некрутой» гены, то «крутой» подавляет «некрутого» и забирает у него всю работу.

Доминантный ген – это «крутой» ген, который проявляет себя всегда. Обозначается большой буквой. Например, А, В, С.

Доминантный признак – это работа хотя бы одного «крутого» гена. Проявляется всегда.

Рецессивный ген – это «некрутой» ген, который проявляет себя только когда встречается с другим «некрутым» геном в паре. Обозначается маленькой буквой. Например, а, b, с.

Рецессивный признак – это работа всегда только двух «некрутых» генов. Этот признак подавляется.

Гомозигота – особь с одинаковыми ко «крутости» генами: либо оба в паре «крутые» (доминантные, то есть, обозначаются AA или BB), либо оба в паре «некрутые» (рецессивные, то есть, обозначаются aa или bb). Гомозиготу по-другому называют чистой линией.

Гетерозигота – особь с разными по «крутости» генами: один «крутой», а другой «некрутой» (то есть, один доминантный, а второй рецессивный, обозначается как Aa или Bb).

Гамета – половая клетка (яйцеклетка или сперматозоид), в которую попадает только одна аллель (буква) из генотипа.

Моногибридное скрещивание – скрещивание по одному признаку. Это означает, что остальные признаки при скрещивании не учитываются, независимо от того, разные особи по ним или одинаковые.

Дигибридное скрещивание – скрещивание по двум признакам.

Анализирующее скрещивание – скрещивание с рецессивной по всем признакам гомозиготой. Применяется для обнаружения в генотипе анализируемой особи «некрутых», рецессивных генов. То есть, скрещивают организм с доминантными признаками и организм с рецессивными признаками. Если среди потомства оказались особи с рецессивным признаком – то рецессивные аллели были в анализируемой гетерозиготе с доминантными признаками.

## **Основные понятия (без объяснений)**

Ген – единица наследственного материала, участок ДНК, несущий информацию о первичной структуре белка.

Генотип – совокупность генов организма.

Признак – любая особенность организма.

Фенотип – совокупность признаков организма.

Аллель – одна из форм гена. Обозначается одной буквой (большой или маленькой).

Аллельные гены – парные гены, различные формы одного гена.

Доминантный признак – признак, проявляющийся всегда.

Доминантный ген – ген, отвечающий за доминантный признак. Обозначается большой буквой: А или В.

Рецессивный признак – признак, который подавляется доминантным признаком. Проявляется только при наличии обоих рецессивных генов в генотипе.

Рецессивный ген – ген, отвечающий за рецессивный признак. Обозначается маленькой буквой: а или в.

Гомозигота – особь с одним типом аллелей (либо доминантные, либо рецессивные) по одному или нескольким генам. Обозначается одинаковыми буквами: АА или аа. Другое название – чистая линия.

Гетерозигота – особь с различными типами аллелей (доминантная + рецессивная). Обозначается разными буквами: Аа.

Гамета – половая клетка, несущая одну аллель гена.

Моногибридное скрещивание – скрещивание по одному признаку.

Дигибридное скрещивание – скрещивание по двум признакам.

Анализирующее скрещивание – скрещивание с рецессивной гомозиготой для поиска рецессивных аллелей в анализируемой особи.

## Обозначения в генетике

P – parenta (parents) – родители

F – fillii (family) – потомки, семья, гибриды

F<sub>1</sub> – гибриды первого поколения

F<sub>2</sub> – гибриды второго поколения

G – gametes – гаметы

♀ – женский пол

♂ – мужской пол

× – скрещивание

Иногда в генетике применяются особые обозначения хромосом, аллелей или иных ситуаций:

$i^0, I^A, I^B$  – аллели для обозначения генов агглютиногенов при решении задач на группы крови по системе АВ0.

R, r – аллели для обозначения генов положительного и отрицательного резус-фактора соответственно при решении задач на резус-фактор.

X, Y – обозначения половых хромосом для особей с гетерогаметным мужским полом.

Z, W – обозначения половых хромосом для особей с гетерогаметным женским полом.

$\bar{A}a$  – обозначение в виде черточки над доминантной аллелью означает неполное доминирование.

AB // ab – так могут обозначаться гены в одной хромосоме при решении задач на сцепление генов и нарушение сцепления генов (AB в одной хромосоме, ab в другой гомологичной хромосоме).

## Основные законы генетики

К основным законам генетики относят гипотезу чистоты гамет, первый, второй и третий законы Менделя, закон сцепленного наследования признаков.

### Гипотеза чистоты гамет

«В каждую гамету с равной вероятностью попадает лишь одна аллель каждого гена, независимо от остальных генов».

Схема гипотезы для моногибридного скрещивания:

P:            Aa  
G:            A, a

Схема гипотезы для дигибридного скрещивания:

P:            AaBb  
G:            AB, Ab, aB, ab

Суть гипотезы:

Все хромосомы в нашем организме расположены парами. В каждой хромосоме есть одна из двух аллелей гена. Получается, каждый ген зашифрован двумя аллелями в двух парных хромосомах. При образовании гамет (мейоз) одна хромосома уйдет в одну гамету, другая хромосома – в другую гамету. В итоге в каждую гамету может попасть лишь один аллель гена.

Поскольку у многих школьников на начальном этапе возникают трудности с написанием гамет для конкретных генотипов, то я привожу таблицу для задач, базирующихся на дигибридном скрещивании (собственно задачи на дигибридное скрещивание, на летальность, на неполное доминирование, на нарушение сцепления генов). Данная таблица подойдет и для задач на сцепление генов, но с некоторыми условиями, которые мы разберем конкретно в той модели задач. Подобные таблицы мы нарисуем и для наследования признаков в половых хромосомах, и для кодоминирования (задач на группы крови).

|    |      |      |      |      |        |        |        |        |                |
|----|------|------|------|------|--------|--------|--------|--------|----------------|
| P: | AABB | aaBB | Aabb | aabb | AABb   | Aabb   | AaBB   | aaBb   | AaBb           |
| G: | AB   | aB   | Ab   | ab   | AB, ab | Ab, ab | AB, aB | aB, ab | AB, Ab, aB, ab |

**Первый закон Менделя = закон единообразия гибридов первого поколения = закон доминирования**

«При моногибридном скрещивании двух гомозиготных особей гибриды первого поколения фенотипически единообразны».

Схема закона:



«При скрещивании двух дигетерозигот гены и соответствующие им признаки наследуются независимо друг от друга в итоге среди гибридов первого поколения проявляется расщепление по фенотипу 9:3:3:1».

Разберем на конкретной задаче с цветом глаз и волос. Карие глаза являются доминантным признаком, голубые глаза – рецессивным. Темные волосы являются доминантным признаком, светлые волосы – рецессивным.

Обозначим это соответствующим образом:

A – карие глаза

a – голубые глаза

B – темные волосы

b – светлые волосы

Пусть в брак (слово «скрещивание» некорректно для людей) вступают две гетерозиготы по обоим признакам (AaBb). Какие у них могут быть дети? Для решения больших задач гаметы одной особи пишутся как столбцы, а гаметы второй особи – как строки таблицы. Получившаяся таблица носит название решетки Пеннета.

Схема закона:

P:            AaBb        x            AaBb  
                  карие глаза            карие глаза  
                  темные волосы            темные волосы

G:            AB, Ab, aB, ab            AB, Ab, aB, ab

F<sub>1</sub>:

|           | <b>AB</b>                            | <b>Ab</b>                             | <b>aB</b>                              | <b>ab</b>                               |
|-----------|--------------------------------------|---------------------------------------|--|---|
| <b>AB</b> | AABB<br>карие глаза<br>темные волосы | AABb<br>карие глаза<br>темные волосы  | AaBB<br>карие глаза<br>темные волосы   | AaBb<br>карие глаза<br>темные волосы    |
| <b>Ab</b> | AABb<br>карие глаза<br>темные волосы | AAbb<br>карие глаза<br>светлые волосы | AaBb<br>карие глаза<br>темные волосы   | Aabb<br>карие глаза<br>светлые волосы   |
| <b>aB</b> | AaBB<br>карие глаза<br>темные волосы | AaBb<br>карие глаза<br>темные волосы  | aaBB<br>голубые глаза<br>темные волосы | aaBb<br>голубые глаза<br>темные волосы  |
| <b>ab</b> | AaBb<br>карие глаза<br>темные волосы | Aabb<br>карие глаза<br>светлые волосы | aaBb<br>голубые глаза<br>темные волосы | aabb<br>голубые глаза<br>светлые волосы |

Из 16 особей в потомстве 9 будут иметь карие глаза и темные волосы, 3 карие глаза и светлые волосы, 3 голубые глаза и темные волосы, 1 голубые глаза и светлые волосы.

Суть закона:

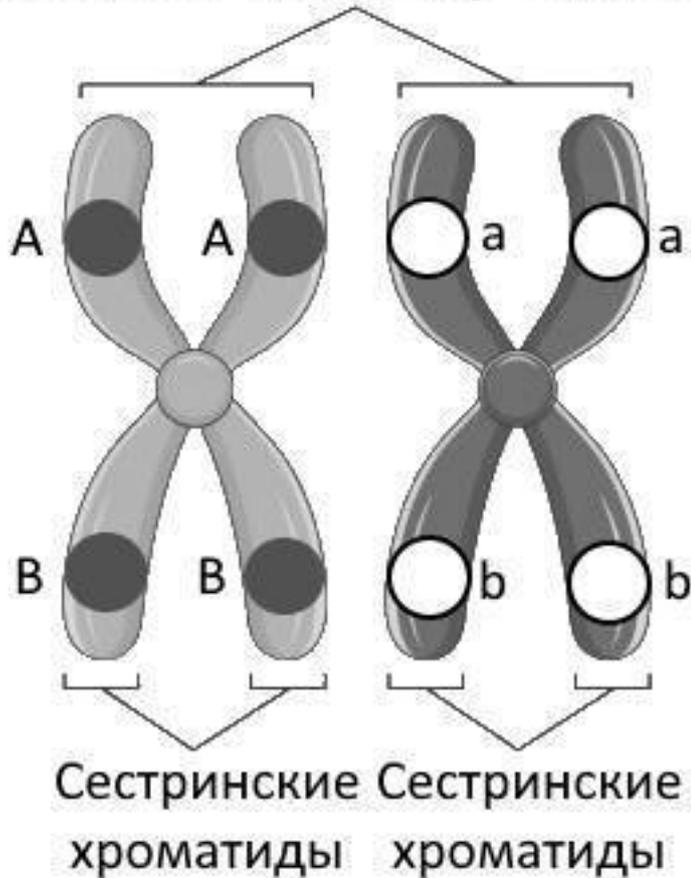
В каждую конкретную гамету от каждой особи попадает лишь по одной аллели каждого гена. То есть из двух букв Aa в гамету попадет лишь одна буква и одновременно то же самое происходит и с буквами Bb. У каждой особи много гамет, в итоге формируется равное количество гамет с всевозможными вариантами набора букв. Суть этого закона тражует гипотезу чистоты гамет для нескольких признаков. В дальнейшем среди потомства благодаря этой гипотезе формируется особое расщепление 9:3:3:1.

**Закон сцепленного наследования признаков**

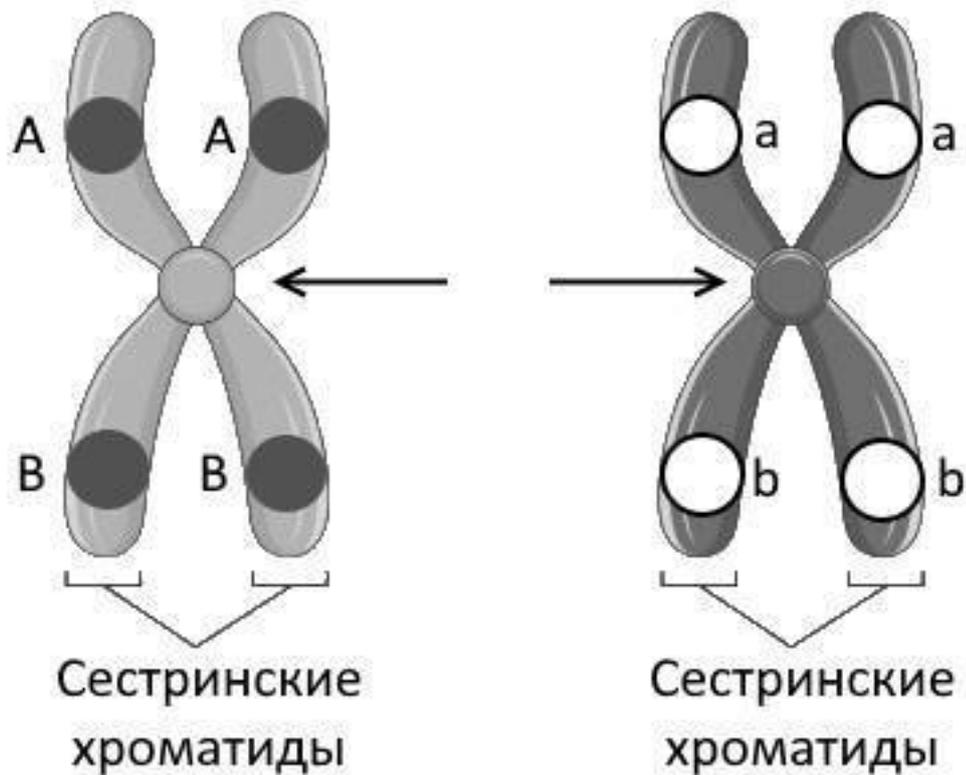
«Гены, локализованные в одной хромосоме, наследуются сцепленно».

Сначала цитологическое объяснение данного закона. Перед началом мейоза (то есть, перед началом образования гамет) хромосомы удваиваются: каждая хромосома состоит из двух сестринских хроматид, образуя Х-образную фигуру. Хромосомы всегда ходят парами, потому что в одной хромосоме находится одна аллель гена, в другой хромосоме – вторая аллель гена. Посмотрите на картинку ниже – здесь изображены две гомологичные (парные) хромосомы, в каждой из которых по одной аллели гена двух признаков: А и В или а и b.

## Гомологичные хромосомы



В анафазу I мейоза в разные дочерние клетки расходятся целые хромосомы: по одной из каждой пары. Расходятся целые хромосомы, а это значит, что аллели генов в каждой хромосоме пойдут в дочерние клетки вместе. Посмотрите внимательно на картинку ниже: аллели АВ ушли вместе с левой хромосомой в первую дочернюю клетку, а аллели ab ушли вместе с правой хромосомой во вторую дочернюю клетку.



По итогу окажется, что в одной гамете будет набор аллелей АВ, а в другой гамете ab. Из этого правила есть исключение – кроссинговер. Но это исключение мы разберем в особом типе задач.

Схема закона:

P:            AaBb  
G:            AB, ab

Иногда встречается другое обозначение сцепленных генов:

P:            AB//ab  
G:            AB, ab

Это обозначение не будет использоваться далее в этой книге.

Суть закона:

Если в задаче говорится о сцеплении генов или об их локализации в одной хромосоме, то количество гамет будет меньше, а аллели генов будут записываться определенным образом. Традиционно принято, что доминантные аллели наследуются сцепленно с доминантными, а рецессивные с рецессивными, тогда гаметы будут: АВ, ab. Однако по условиям задачи может

быть и обратная ситуация: одна доминантная сцеплена с рецессивной, и вторая доминантная сцеплена с рецессивной, тогда гаметы будут:  $aB$ ,  $Ab$ .

## Критерии оценивания задания №28

Максимальный первичный балл – 3

Внимание: на ЕГЭ по биологии (и по химии) в части 2 (задания с развернутым ответом) указывать «Дано» не нужно. Поэтому не тратьте ваше время на переписывание «Дано» в бланк ответов!

Для каждой задачи прописаны свои конкретные критерии оценки. Но можно выделить общие требования к задачам.

«Ответ включает в себя все названные элементы, не содержит биологических ошибок – 3 балла». Это означает, что вы выполнили все пункты ниже:

1. Указали все генотипы, все фенотипы, все гаметы
2. Правильно оформили задачу
3. Ответили на вопросы в конце задачи и аргументировали ответы на вопросы задачи
4. Указали названия законов, которыми пользовались при решении задачи
5. В задачах с несколькими возможными решениями указали все решения (обычно их два в подобных задачах).

«Ответ включает в себя два из названных выше элементов, которые не содержат биологических ошибок – 2 балла». Это означает, что вы:

1. Указали все генотипы, все фенотипы, все гаметы
2. Правильно оформили задачу
3. Не ответили на вопросы в конце задачи или недостаточно их аргументировали или не указали названия законов, которыми вы пользовались при решении задач
4. Ответили на вопросы в конце задачи, аргументировали ответы на вопросы задачи, указали названия законов, которыми пользовались при решении задачи, но не указали все возможные решения в задачах с несколькими решениями (одно решение из двух).

«Ответ включает в себя один из названных выше элементов, который не содержит биологических ошибок – 1 балл». Это означает, что вы:

1. Указали все генотипы, все фенотипы, все гаметы, но верно только для одного из скрещиваний (обычно скрещиваний как минимум два).
2. Правильно оформили часть задачи
3. Не ответили на вопросы в конце задачи или недостаточно их аргументировали или не указали названия законов, которыми вы пользовались при решении задач

## Алгоритм решения задачи

1. Внимательно читаем задачу от начала до конца 2 раза. Это правда важно.
2. Предполагаем доминантные и рецессивные признаки «интуитивно» или замечая строгие закономерности.
3. Обращаем внимание на особенности: летальные сочетания генов, неполное доминирование, сцепление генов, кроссинговер, наследование, связанное с полом, группы крови.
4. Предполагаем генотипы родительских особей. Если генотип может быть вариативен (доминантная гомозигота или гетерозигота), то запишите  $A\_$  (вместо прочерка затем поставите недостающую букву).
5. Обозначаем скрещивание родителей (P:), далее пишем сначала женскую особь (так принято), знак скрещивания, мужскую особь. Пол указывается всегда, если наследование связано с полом (X или Y-хромосомой), или если в задаче есть четкое указание на пол, хотя задача и не на связь с полом: «мужчина», «женщина», «кошка», «кот» и т.д. Если пол особей не имеет значения (обычно для скрещивания растений), то его можно не указывать.
6. Обозначаем гаметы (G:). В каждую гамету из каждой пары генов попадает лишь одна аллель (буква). Если предположили наличие сцепления генов и кроссинговера, то учитываем это. Для сцепленных генов количество гамет меньше, для кроссинговера обозначаем кроссинговерные гаметы.
7. Обозначаем потомство ( $F_1$  для первого поколения,  $F_2$  для второго поколения). Комбинируем гаметы родителей либо методом перебора, либо заполняя решетку Пеннета. При наличии летальных комбинаций генов потомки не указываются в случае смерти на эмбриональной стадии и указываются, если погибают в раннем возрасте.
8. Обозначаем фенотипы потомков.
9. Прописываем остальные скрещивания как в пунктах 2-8.
10. Отвечаем на вопросы задачи, указывая проявления законов Менделя, если такое спрашивают.
11. На вопрос «укажите характер наследования признаков» прогоняем задачу по пунктам: наличие/отсутствие летальных комбинаций генов, наличие/отсутствие явления неполного доминирования, наличие/отсутствие сцепления генов (в случае наличия сцепления генов указать наличие/отсутствие кроссинговера), наличие/отсутствие наследования признаков в половых хромосомах. В случае задач на кодоминирование данный вопрос не задается.

Мы закончили Раздел 1. Далее в Разделе 2 мы научимся решать классические задачи на дигибридное скрещивание, после чего на их основе разберем задачи на летальные сочетания генов, неполное доминирование, сцепление генов и нарушение сцепления генов (кроссинговер). Затем обратимся к задачам, в которых фигурируют половые хромосомы. В конце Раздела 2 мы разберем задачи на кодоминирование. Каждая глава Раздела 2 построена по следующему принципу: сначала идут подсказки для решения конкретной модели задач, далее приводится полное решение одной задачи, после чего вам для решения предлагаются три задачи. После каждой главы представлены решения задач.

## Раздел 2. Модели задач

### Классическое дигибридное скрещивание

Это самый базовый тип задач. Не научившись решать его, не стоит переходить к последующим задачам, поскольку практически все задачи в генетике базаруются на классических задачах по третьему закону Менделя. В ЕГЭ встречаются именно задачи на дигибридное скрещивание, частично или полностью копирующие наш пример на третий закон Менделя.

#### **Демонстрационная задача на классическое дигибридное скрещивание**

Гены окраски и структуры поверхности семян наследуются независимо друг от друга. При скрещивании гороха с зелеными гладкими семенами и гороха с желтыми морщинистыми семенами все потомство было с зелеными гладкими семенами. Гибридов первого поколения скрестили между собой, получили четыре фенотипические группы. Составьте схемы скрещиваний, определите генотипы родительских особей, генотипы и фенотипы потомства. С какой вероятностью среди гибридов второго поколения возможно появление гороха с зелеными морщинистыми семенами? Какие законы наследования проявляются в первом и втором скрещиваниях? Укажите характер наследования признаков.

## **Конец ознакомительного фрагмента.**

Текст предоставлен ООО «ЛитРес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на ЛитРес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.