

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 дигибридное 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 или в социальной сети «ВКонтакте» 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, желательно 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

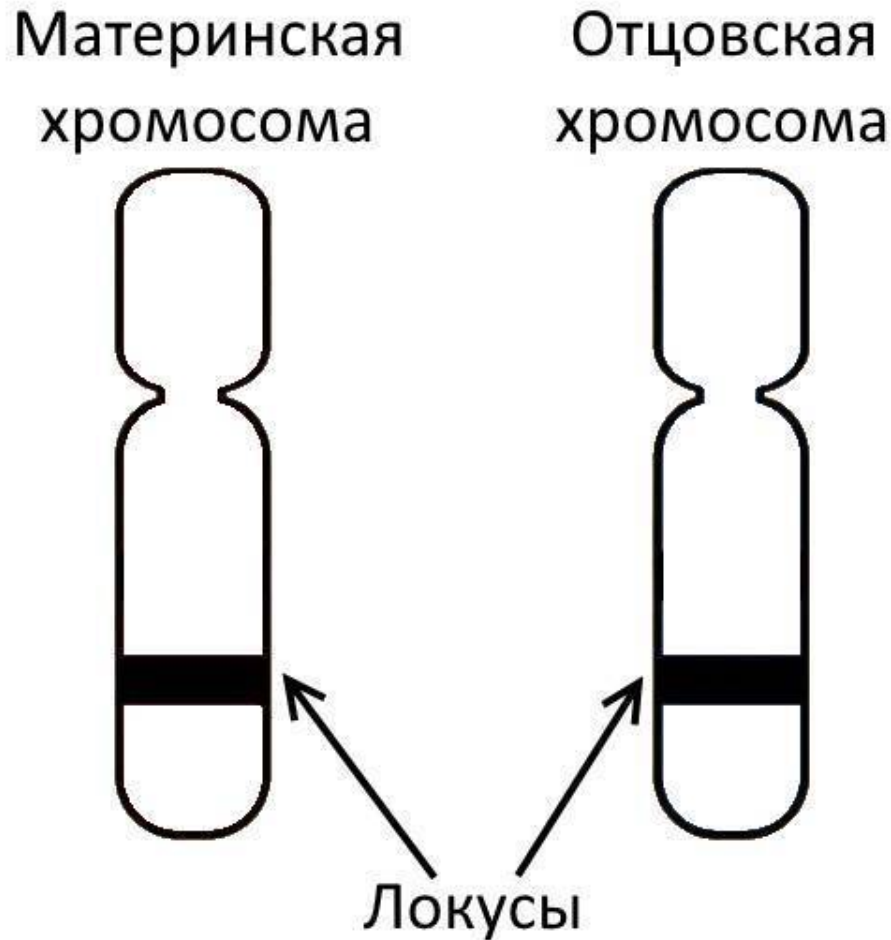
В чем разница между «крутыми» и «некрутыми» генами? В том, что «крутые» гены подавляют работу «некрутых».

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 АА или ВВ), либо оба в паре «некрутые» (рецессивные, то есть, обозначаются аа 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 Аа или Вb).

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

F₁ – гибриды первого поколения

F₂ – 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:

P:	AA	x	aa
	доминантный		рецессивный
	признак		признак
G:	A		a
F ₁ :		Aa	
		доминантный	
		признак	

Суть закона:

При скрещивании двух особей, одна из которых является гомозиготой по доминантному признаку, а другая гомозиготой по рецессивному признаку, мы получаем одинаковое потомство с доминантным признаком (либо при наличии неполного доминирования – с усредненным признаком между доминантным и рецессивным).

Второй закон Менделя = закон расщепления

«При моногибридном скрещивании во втором поколении гибридов наблюдается расщепление признаков по фенотипу 3:1».

Схема закона:

P:	Aa	x	Aa
	доминантный признак		рецессивный признак
G:	A, a		A, a
F ₁ :			

	A	a
A	AA доминантный признак	Aa доминантный признак
a	Aa доминантный признак	aa рецессивный признак

Суть закона:

При скрещивании гибридов первого поколения (имеется в виду тех, кого мы получили в первом законе Менделя как потомков), то есть, двух гетерозигот Aa, мы получаем проявление рецессивного признака среди потомства в 25% случаев (особи aa), и проявление доминантного признака в 75% случаев (особи AA, Aa).

Третий закон Менделя = закон независимого наследования признаков

«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

F₁:

	AB	Ab	aB	ab
AB	AABB карие глаза темные волосы	AABb карие глаза темные волосы	AaBB карие глаза темные волосы	AaBb карие глаза темные волосы
Ab	AABb карие глаза темные волосы	AAbb карие глаза светлые волосы	AaBb карие глаза темные волосы	Aabb карие глаза светлые волосы
aB	AaBB карие глаза темные волосы	AaBb карие глаза темные волосы	aaBB голубые глаза темные волосы	aaBb голубые глаза темные волосы
ab	AaBb карие глаза темные волосы	Aabb карие глаза светлые волосы	aaBb голубые глаза темные волосы	aabb голубые глаза 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:

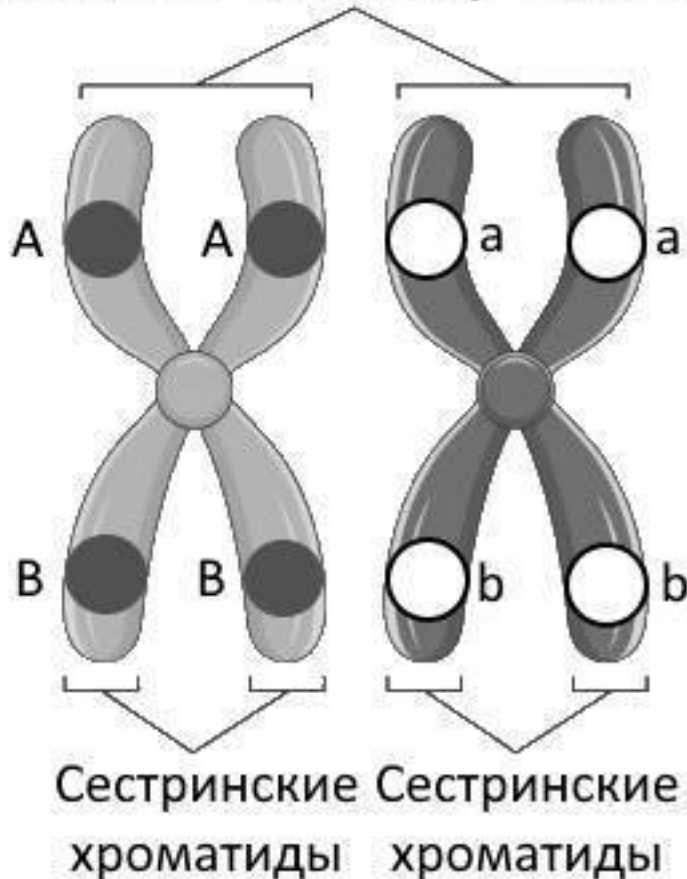
В каждую конкретную гамету от каждой особи попадает лишь по одной аллели каждого гена. То есть из двух букв Aa в гамету попадет лишь одна буква и одновременно то же самое происходит и с буквами Bb. У каждой особи много гамет, в итоге формируется равное количество гамет с всевозможными вариантами набора 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

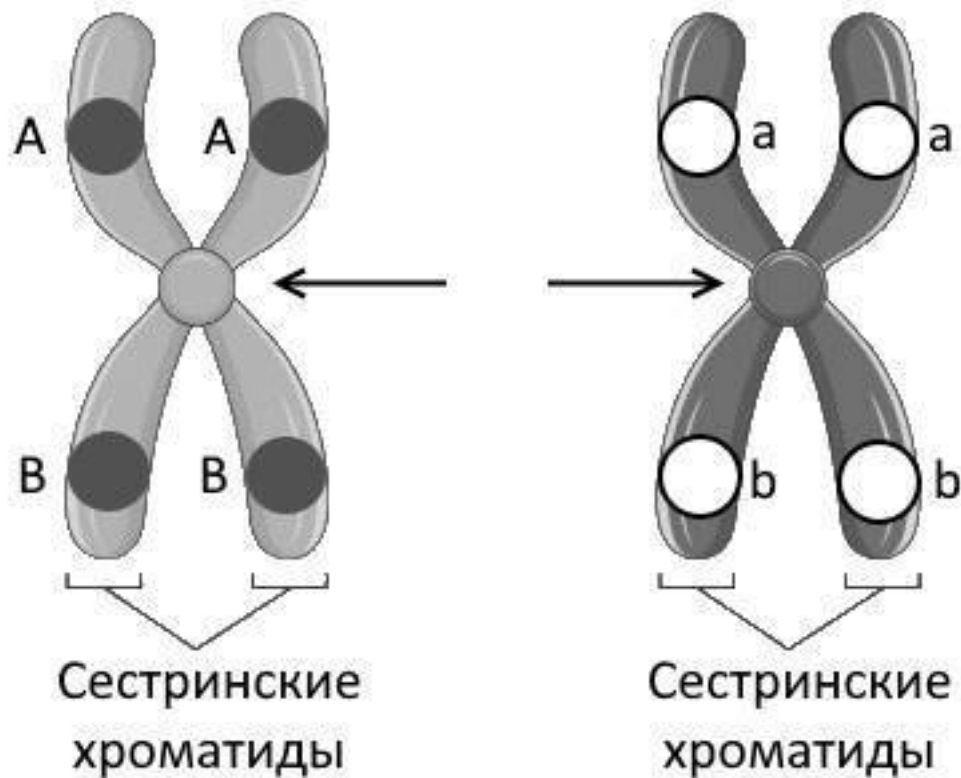
«Гены, локализованные в одной хромосоме, наследуются сцепленно».

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 аb. 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, аb. 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.