

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ» МИНИСТЕРСТВА ЗДРАВООХРАНЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
(ФГБОУ ВО КубГМУ Минздрава России)



ФАКУЛЬТЕТ ДОВУЗОВСКОЙ ПОДГОТОВКИ

СБОРНИК ЗАДАЧ С РЕШЕНИЯМИ ПО ОБЩЕЙ БИОЛОГИИ

Учебное пособие для слушателей
факультета довузовской подготовки

Краснодар – 2017

УДК 577 (075)
ББК 28.8
О-26

Составители сборника:

Преподаватели факультета довузовской подготовки ФГБОУ ВО КубГМУ Минздрава России: Обухова Н.А., кандидат биологических наук, доцент; Шевчук Л.Д., ассистент кафедры биологии с курсом медицинской генетики ФГБОУ ВО КубГМУ Минздрава России Мороз А.Н., кандидат биологических наук.

Под редакцией Голубцова В.И., д.м.н., профессора, кафедры биологии с курсом медицинской генетики ФГБОУ ВО КубГМУ Минздрава России.

Рецензенты:

Колесникова Н.В., доктор биологических наук, профессор, зав. ЦНИЛ ФГБОУ ВО КубГМУ Минздрава России.

Гусарук Л.Р., кандидат биологических наук, доцент кафедры биологии с курсом медицинской генетики ФГБОУ ВО КубГМУ Минздрава России.

«Сборник задач с решениями по общей биологии»: учебное пособие для слушателей факультета довузовской подготовки. – Краснодар, ФГБОУ ВО КубГМУ Минздрава России, 2017 – 54 с. Издание второе, испр. и допол.

Пособие предназначено для углубленного изучения биологии и 10-11 классах и полностью соответствует требованиям Федеральном) государственного образовательного стандарта среднего (полного) общего образования (2012 г). В пособие включены биологические задачи с решениями и ответами для более глубокого изучения основных закономерностей жизни на клеточном, организменном и биогеоценотическом уровнях. Сборник предназначен для слушателей факультета довузовской подготовки ФГБОУ ВО КубГМУ Минздрава России, а также абитуриентов, готовящихся сдавать ЕГЭ по биологии. Пособие может быть полезно для учителей, методистов, преподавателей подготовительных курсов.

Рекомендовано к изданию ЦМС ФГБОУ ВО КубГМУ Минздрава России, протокол №3 от 07.11,2017 г.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Цель учебного пособия – оказание методической помощи в освоении важного раздела программы профильного уровня – общей биологии.

В данном Учебном пособии предлагаются задачи, ориентирующие учащихся на закрепление теоретических знаний по курсу общей биологии, а также сдаче ЕГЭ. Это будет способствовать более углубленному пониманию основных закономерностей жизни на клеточном, организменном и биогеоценотических уровнях. Особое внимание уделено разделам, которые традиционно вызывают трудности у обучающихся - это: молекулярная биология, обмен веществ, митоз и мейоз, чередование гаплоидной и диплоидной стадий в циклах развития, наследственность и изменчивость организмов, передача энергии в цепях питания. Подбор задач произведен с учетом программы и требований ЕГЭ по дисциплине биология.

Каждый раздел содержит краткое изложение теоретического материала, обеспечивающее более доступное его восприятие, и варианты задач с объяснением их решений. Типовые задачи знакомят учащихся с основными приемами рассуждений при составлении схем решения, что позволит им развить биологическую грамотность и логическое мышление. Для закрепления умений и навыков, а также самоконтроля полученных знаний в каждом разделе представлен набор задач для самостоятельного решения разной степени сложности.

Предлагаемое пособие предназначено для слушателей факультета довузовской подготовки ФГБОУ ВО КубГМУ Минздрава России и для абитуриентов вузов медицинской и биологической направленности, а также учащихся средних специальных учебных заведений – медицинских училищ и колледжей при изучении соответствующих разделов биологии. Пособие может быть полезно для учителей, методистов, преподавателей подготовительных курсов.

ВВЕДЕНИЕ

Сегодня можно констатировать, что ЕГЭ обеспечивает разностороннюю проверку знаний экзаменуемых и их дифференциацию по уровню и качеству подготовки.

С целью контроля знаний и умений выпускников в ЕГЭ по биологии включены задания по всем разделам дисциплины, в том числе задачи по цитологии, молекулярной биологии и генетике двух типов: расчетные задачи и задачи, требующие рассуждений, обоснования доказательств. В задачах такого типа в части 2 требуется подробное описание хода их решения.

Сюжеты генетических задач ежегодно меняются, расширяется спектр анализируемых признаков, в том числе и у человека, а также рассматриваются различные типы наследования (моногенное, полигенное, аутосомно-доминантное, аутосомно-рецессивное, сцепленное с X-хромосомой и другие).

Учащимся предлагается определить генотипы и фенотипы родителей и потомства, показать возможные варианты гамет, определить соотношение рождения больного и здорового потомства у человека по определенным заболеваниям, назвать тип скрещивания и т.д. Определив смысл задания, и понимая алгоритм решения таких вопросов, экзаменуемый сможет правильно ответить на задания части 2.

Надеемся, что настоящий сборник поможет учащимся не только научиться решать биологические задачи, но и лучше понять общие биологические закономерности, проявляющиеся на разных уровнях организации жизни: клеточном, организменном, популяционно-видовом, биоценотическом, биосферном, понять и оценить математические закономерности биологических процессов в живых системах.

РАЗДЕЛ I. КЛЕТКА КАК БИОЛОГИЧЕСКАЯ СИСТЕМА. МОЛЕКУЛЯРНО - ГЕНЕТИЧЕСКИЙ УРОВЕНЬ ОРГАНИЗАЦИИ ЖИВОГО

1.1. КОДИРОВАНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ В КЛЕТКЕ

Молекула ДНК состоит из двух спирально закрученных вокруг общей оси длинных полинуклеотидных цепей, соединенных водородными связями.

Нуклеотид как мономер состоит из азотистого основания, сахара пентозы и остатка фосфорной кислоты.

Азотистые основания делятся на 2 группы: *пуриновые* (аденин и гуанин) и *пиримидиновые* (тимидин, цитозин и урацил). В ДНК отсутствует урацил, в РНК - тимидин. Азотистые основания образуют между собой водородные связи в строгом соответствии: А-Т, Г-Ц в молекуле ДНК и А-У, Г-Ц – в РНК. Такое соответствие носит название «*принцип комплементарности*», который лежит в основе передачи генетической информации:

1) с ДНК на ДНК (*реакция редупликации* - самоудвоения)

2) с ДНК на информационную РНК (иРНК) - *реакция транскрипции*

3) взаимодействия иРНК (кодон) с тРНК (антикодон) в *реакции трансляции*, т.е. реакции синтеза белка на рибосоме.

Все три реакции носят название *матричных*.

Нуклеотидный состав ДНК обнаруживает определенные закономерности (правила Чаргаффа): 1. Количество аденина равно количеству тимина, а гуанина — цитозину: $A=T$, $G=C$; 2. Количество пуринов равно количеству пиримидинов: $A+G=T+C$.

Правила Чаргаффа, наряду с данными рентгеноструктурного анализа, сыграли решающую роль в расшифровке структуры молекулы ДНК Дж. Уотсоном и Ф. Криком в 1953 году и установлении её параметров.

Параметры молекулы ДНК:

Диаметр спирали - 2 нм

Шаг ДНК состоит из 10 пар нуклеотидов

Длина нуклеотида=0,34 нм.

Средняя молекулярная масса нуклеотида = 300 а.е.м. (атомных единиц массы).

ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

ЗАДАЧА 1. В молекуле ДНК 13% адениловых нуклеотидов, сколько в ней содержится гуаниловых нуклеотидов?

РЕШЕНИЕ. Согласно принципу комплементарности аденин всегда стоит в паре с тимином, значит их количество одинаково, т.е. $A=T=13\%$, а вместе они составляют 26%. Тогда на долю остальных нуклеотидов приходится $100\% - 26\% = 74\%$. Поскольку гуанин всегда находится в паре с цитозином, то $G = C = 74\%$, а на каждого из них приходится $74 : 2 = 37\%$.

ОТВЕТ: $G=37\%$

ЗАДАЧА 2. В молекуле иРНК : 22% аденина, 36% гуанина, 15% цитозина и 27% урацила. Сколько и каких нуклеотидов будет в двухцепочечной молекуле ДНК, на которой была синтезирована иРНК?

РЕШЕНИЕ. Зная, что молекула иРНК комплементарна одной цепи ДНК, можно посчитать содержащиеся в этой цепи нуклеотиды: 22% аденина в иРНК соответствует 22% тимина в ДНК, 36% гуанина в иРНК соответствует 36% цитозина в ДНК, 15% цитозина в иРНК соответствует 15% гуанина в ДНК, 27% урацила в иРНК соответствует 27% аденина в ДНК. Теперь по принципу комплементарности можно посчитать нуклеотиды во второй цепи ДНК. Если в первой цепи 22% тимина, то во второй цепи будет 22% аденина ($T = A$), если в первой цепи 36% цитозина, то во второй цепи будет 36% гуанина ($C = G$),

соответственно во второй цепи будет 15% цитозина напротив Г ($G = C$) и 27% Т напротив А ($A = T$). Теперь можно посчитать нуклеотиды в двух цепях: А = 27% в первой цепи + 22% во второй цепи = 49%, Т = А тоже 49%, Г = 15% в одной цепи + 36% во второй цепи = 51%, значит Ц тоже будет 51%.

ОТВЕТ: А=49%, Т=49%, Г=51%, Ц = 51%.

ЗАДАЧА 3. Молекула иРНК состоит из 300 нуклеотидов. Какова длина и масса этой молекулы?

РЕШЕНИЕ. Молекула иРНК одноцепочечная. Известно, что длина одного нуклеотида = 0,34 нм. Значит, длина иРНК будет $300 \times 0,34 \text{ нм} = 102 \text{ нм}$. Известно, что средняя масса нуклеотида 300, значит, масса молекулы иРНК будет: $300 \times 300 = 900$.

ОТВЕТ: длина - 102 нм, масса - 900.

ЗАДАЧА 4. Молекула ДНК состоит из 1000 нуклеотидов, какова её длина? Какова длина иРНК, построенной на данной молекуле ДНК?

РЕШЕНИЕ. Поскольку молекула ДНК двухцепочечная, то чтобы узнать, сколько нуклеотидов в одной цепи, надо $1000 : 2 = 500$ пар нуклеотидов. Зная длину нуклеотида в цепи, можно вычислить длину ДНК: $500 \times 0,34 \text{ нм} = 170 \text{ нм}$. Такую же длину будет иметь иРНК, так как она строится на одной цепи ДНК. ОТВЕТ: длина ДНК = длине иРНК = 170 нм

ЗАДАЧА 5. Фрагмент нуклеотидной цепи ДНК имеет последовательность ААГТГАЦ. Определите нуклеотидную последовательность второй цепи и общее число водородных связей, которые образуются между двумя цепями.

РЕШЕНИЕ. По принципу комплементарности А всегда стоит в паре с Т, а Г всегда образует пару с Ц, значит можно достроить вторую цепь ДНК, она будет такая ТТЦАЦТГ. Теперь можно посчитать количество водородных связей, которые поддерживают эту молекулу. Между А и Т две водородные связи, между Г и Ц - три водородные связи. Всего водородных связей будет: $2 \times 4 + 3 \times 3 = 17$.

ОТВЕТ: 17 водородных связей между двумя цепями ДНК.

ЗАДАЧА 6. В молекуле ДНК 20% гуаниловых нуклеотидов. Определите процентное содержание Ц, Т, А и длину молекулы ДНК, если в ней всего 300 нуклеотидов.

РЕШЕНИЕ. В соответствии с принципом комплементарности количество Г равно количеству Ц, т.е. $G=C=20\%$. Тогда их совместное количество: $G+C=40\%$, а количество А+Т= $100-40=60\%$, а в отдельности А = Т = $60:2=30\%$. Длина молекулы ДНК определяется количеством нуклеотидов в одной цепи (т.е. количеством пар нуклеотидов) умноженным на длину нуклеотида. В ДНК 300 нуклеотидов (шт.) или 150 пар, расстояние между соседними парами 0,34 нм, следовательно длина молекулы ДНК будет: $150 \times 0,34 = 51 \text{ нм}$.

ОТВЕТ: Г=20%, Ц=20%, А=30%, Т=30%; длина ДНК 51 нм.

ЗАДАЧА 7. Две комплементарные цепи в молекуле ДНК соединяются водородными связями. Определите число нуклеотидов с аденином, тиминном, гуанином и цитозином в ДНК, 10 нуклеотидов которой соединяются между собой двумя водородными связями, а 40 нуклеотидов – тремя водородными связями.

РЕШЕНИЕ. Известно, что между А и Т две водородные связи, а между Г и Ц три водородные связи. Если 10 нуклеотидов соединено двумя связями, значит речь идет об аденине и тимине, каждого из них будет по 5 штук ($A=T=10 : 2 = 5$), соответственно гуанина и цитозина, соединенных тремя связями, будет по 20 штук ($40 : 2 = 20$).

ОТВЕТ: В молекуле ДНК состав и число нуклеотидов будет: адениновых =5, тиминовых =5, гуаниновых =20, цитозиновых =20.

ЗАДАЧА 8. В молекуле ДНК содержится 30 нуклеотидов с тиминном. Определите, сколько нуклеотидов с аденином содержат дочерние молекулы ДНК, образующиеся в процессе редупликации, объясните полученные результаты.

РЕШЕНИЕ. По принципу комплементарности Т всегда образует пару с А. Значит, напротив Т стоит А, количество Т = количеству А. Так как при редупликации образуются две

молекулы ДНК, идентичные материнской, значит в них будет такое же количество соответствующих нуклеотидов, т.е. по 30.

ОТВЕТ: В каждой дочерней молекуле ДНК будет по 30 нуклеотидов с аденином.

ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ.

ЗАДАЧА 1. Участок молекулы ДНК состоит из 50 пар нуклеотидов. Определите длину этого участка.

ЗАДАЧА 2. Количество нуклеотидов в одной из цепей ДНК равно 200. Определите длину этого участка молекулы ДНК. **ЗАДАЧА 3.** Участок молекулы ДНК имеет длину 340 нм. Определите количество нуклеотидов в одной цепи и в двух цепях молекулы ДНК.

ЗАДАЧА 4. В молекуле ДНК содержится 20% тимидиловых нуклеотидов. Определите процентное содержание в этой молекуле цитидиловых нуклеотидов.

ЗАДАЧА 5. Участок молекулы иРНК состоит из 300 нуклеотидов. Определите его длину.

ЗАДАЧА 6. Участок молекулы иРНК имеет длину 272 нм. Определите количество нуклеотидов, содержащихся в этом участке молекулы.

ЗАДАЧА 7. Одна из цепей ДНК имеет молекулярную массу 150000 у.е. Определите количество нуклеотидов в ней, если молекулярная масса одного нуклеотида равна 300 у.е.

ЗАДАЧА 8. В молекуле иРНК содержится 300 адениловых нуклеотидов, 210 гуаниловых, 150 цитидиловых и 360 уридиловых нуклеотидов. Определите: 1) сколько и каких нуклеотидов содержится в участке молекулы ДНК, на которой была построена эта иРНК? 2) какова длина данного участка молекулы ДНК?

ЗАДАЧА 9. Участок молекулы ДНК содержит 340 адениловых нуклеотидов, что составляет 25,5% от их общего количества. Определить, сколько в данном фрагменте содержится цитидиловых, тимидиловых и гуаниловых нуклеотидов.

ЗАДАЧА 10. Участок молекулы ДНК содержит 230 гуаниловых нуклеотидов, что составляет 32% от общего их количества. Определить, сколько в данном фрагменте содержится тимидиловых, цитидиловых и адениловых нуклеотидов, какова длина и масса данного фрагмента ДНК.

ЗАДАЧА 11. Определите процентное содержание нуклеотидов с аденином, тиминном, гуанином и цитозином участка молекулы ДНК, в которой 80 нуклеотидов соединяются между собой двумя водородными связями и 40 нуклеотидов - тремя водородными связями. Объясните полученные результаты.

ЗАДАЧА 12. Сколько вариантов последовательностей нуклеотидов возможно в ДНК, содержащей: а) 10 пар нуклеотидов; б) 60 пар нуклеотидов; в) 200 пар нуклеотидов?

ЗАДАЧА 13. Вычислить длину и молекулярную массу молекулы ДНК, если известно, что она включает 10^6 пар нуклеотидов?

ЗАДАЧА 14. Молекулярная масса молекулы ДНК составляет 86100 а.е.м., а 18200 а.е.м. из них приходится на гуаниловые нуклеотиды. Определить содержание каждого вида нуклеотида в молекуле ДНК и длину этой молекулы ДНК.

РЕАЛИЗАЦИЯ НАСЛЕДСТВЕННОЙ ИНФОРМАЦИИ В КЛЕТКЕ

ЗАДАЧИ НА СИНТЕЗ БЕЛКА

ДНК хранит генетическую информацию (генетический код) о признаках и свойствах организма и передает ее потомкам.

Информация реализуется в следующей последовательности: ДНК → иРНК → белок → признак (свойство).

Белок состоит из аминокислот, которые доставляются к месту биосинтеза транспортной РНК (тРНК). Передача информации между нуклеиновыми кислотами (кодон-антикодон) осуществляется по принципу комплементарности (А-Т, Г-Ц, А-У). Генетический код универсален для всех живых организмов. Обычно генетический код даётся для иРНК как непосредственной матрице в реакции трансляции.

ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

ЗАДАЧА 1. Фрагмент цепи ДНК имеет последовательность нуклеотидов: Г-Т-Г-А-Ц-Г-Т-Ц-А. Определите состав и последовательность нуклеотидов на иРНК, комплементарные триплеты нуклеотидов в антикодонах тРНК, состав и последовательность аминокислот в синтезируемом фрагменте молекулы белка, используя таблицу генетического кода.

РЕШЕНИЕ. По принципу комплементарности (Г=Ц, А=У) с генетического кода ДНК выстраиваются нуклеотиды иРНК (транскрипция). К кодомам иРНК подбираются комплементарные антикодоны-триплеты нуклеотидов тРНК, и соединяются водородными связями (кодон=антикодон) тоже по принципу комплементарности. Каждый триплет тРНК приносит определенную аминокислоту, согласно генетическому коду. Цепь аминокислот и есть синтезируемый белок.

Н.В! Триплеты нуклеотидов в иРНК и есть реальный генетический код, а комплементарные им триплеты тРНК являются посредниками при подборе и переносе соответствующих аминокислот на рибосомы.

Первые три нуклеотида на иРНК ЦАЦ соответствуют по таблице генетического кода **гистидину**, следующие три нуклеотида УГЦ соответствуют **цистеину**, а триплет АГУ - **серину**. Обратите внимание, что антикодоны тРНК пишутся через запятую.

ОТВЕТ: В молекуле ДНК была закодирована цепь аминокислот: гистидин – цистеин – серин.

Следовательно, при решении данной задачи необходимо записать:

ДНК	Г	Т	Г	А	Ц	Г	Т	Ц	А
иРНК	Ц	А	Ц	У	Г	Ц	А	Г	У
тРНК	Г	У	Г,	А	Ц	Г,	У	Ц	А
Белок		<i>Гис</i>		<i>Цис</i>		<i>Сер</i>			
(аминокислоты)									

Правила пользования таблицей генетического кода (табл.1.). Первый нуклеотид в триплете берется из левого вертикального ряда, второй из верхнего горизонтального ряда, третий – из правого вертикального.

Таблица 1.

Генетический код (иРНК)

Первое основание	Второе основание				Третье основание
	У	Ц	А	Г	
У	Фен	Сер	Тир	Цис	У

	Фен Лей Лей	Сер Сер Сер	Тир - -	Цис - Три	Ц А Г
Ц	Лей Лей Лей Лей	Про Про Про Про	Гис Гис Глн Глн	Арг Арг Арг Арг	У Ц А Г
А	Иле Иле Иле Мет	Тре Тре Тре Тре	Асн Асн Лиз Лиз	Сер Сер Арг Арг	У Ц А Г
Г	Вал Вал Вал Вал	Ала Ала Ала Ала	Асп Асп Глу Глу	Гли Гли Гли Гли	У Ц А Г

ЗАДАЧА 2. Правая цепь молекулы ДНК имеет последовательность нуклеотидов: А-Т-Г-Г-Т-Ц-А-Ц-Т-Г-А-Г-А-Т-Т. Определите структуру соответствующей части молекулы белка, синтезируемого при участии левой цепи ДНК

РЕШЕНИЕ. Правая цепь молекулы ДНК комплементарна левой (А - Т, Г - Ц). Используя правило комплементарности, в соответствии с кодом правой цепи ДНК записываем нуклеотиды левой цепи: Т-А-Ц-Ц-А-Г-Т-Г-А-Ц-Т-Ц-Т-А-А.

На основе кода левой цепи ДНК строим иРНК также пользуясь принципом комплементарности (А-У, Г-Ц), разбивая ее на триплеты (кодона): А-У-Г Г-У-Ц А-Ц-У Г-А-Г А-У-У. Используя таблицу «Генетический код», можно построить белковую молекулу с соответствующими аминокислотами: метионин- валин- треонин- глутаминовая кислота-изолейцин.

ЗАДАЧА 3. Последовательность нуклеотидов фрагмента цепи ДНК: ЦТААТГЦАГГТЦАЦГ. Определите последовательность нуклеотидов на иРНК и порядок расположения аминокислот в соответствующем полипептиде. Объясните, что произойдет со структурой белка, если в первом триплете цепи ДНК произошло удвоение третьего нуклеотида? Для выполнения задания используйте таблицу генетического кода.

РЕШЕНИЕ. В задаче надо определить последовательность аминокислот до и после мутации и сравнить их. Действуем в той же последовательности как в предыдущих задачах: на ДНК строим иРНК (ГАУ-УАЦ-ГУЦ-ЦАГ-УГЦ), затем, пользуясь генетическим кодом, определяем последовательность аминокислот (аспарагиновая кислота-тирозин-валин-глутамин-цистеин). Теперь удваиваем третий нуклеотид в первом триплете и записываем новую цепь молекулы ДНК после мутации: ЦТАААТГЦАГГТЦАЦГ, на ней, используя принцип комплементарности, строим молекулу иРНК (ГАУ-УУА-ЦГУ-ЦЦА-ГУГ-Ц) и находим по генетическому коду аминокислоты (аспарагиновая кислота-лейцин-аргинин-пролин-валин). Сравнивая цепочки аминокислот, можно сделать вывод, что удвоение (вставка) нуклеотида полностью изменяет генетический код, цепочку аминокислот, а следовательно приводит к потере биохимических свойств белка-фермента. В живом организме не идет химическая реакция, что приводит к генной болезни (ферментопатии).

ЗАДАЧА 4. В биосинтезе полипептида участвовали тРНК с антикодонами ЦУА, АГЦ, ЦГУ, АГУ. Определите нуклеотидную последовательность участка каждой цепи молекулы ДНК, которая несет информацию о синтезируемом полипептиде, и число нуклеотидов, содержащих аденин (А), гуанин (Г), тимин (Т), цитозин (Ц) в двухцепочечной молекуле ДНК, а также количество водородных связей, соединяющих две цепи ДНК. Ответ поясните

РЕШЕНИЕ В этой задаче нужно произвести действия в обратной последовательности. Пользуясь принципом комплементарности, по тРНК можно восстановить иРНК (антикодону ЦУА комплементарен кодон ГАУ, антикодону АГЦ комплементарен кодон УЦГ, антикодону ЦГУ кодон ГЦА, антикодону АГУ кодон УЦА). Таким образом, получаем иРНК: ГАУ-УЦГ-ГЦА-УЦА. Используя принцип комплементарности, по иРНК можно восстановить последовательность нуклеотидов одной цепи ДНК: ЦТА-АГЦ-ЦГТ-АГТ (надо быть внимательными и помнить, что в ДНК отсутствует урацил, вместо него становится тимин). Теперь, опять же пользуясь принципом комплементарности, на полученной цепи ДНК строим вторую цепь ДНК: ГАТ-ТЦГ-ГЦА-ТЦА. Остается посчитать количество нуклеотидов в двухцепочечной молекуле ДНК: количество А=6, столько же будет Т, поскольку они стоят в паре. Количество Г=6, столько же будет Ц, так как они тоже комплементарны. Теперь считаем количество водородных связей между двумя цепями ДНК. Если учесть, что между А и Т образуется 2 водородные связи, а между Г и Ц - три водородные связи, то всего водородных связей, которые поддерживают двухцепочечную структуру ДНК, будет $(6 \times 2) + (6 \times 3) = 30$. **ОТВЕТ:** 30 связей

ЗАДАЧА 5. Участок цепи ДНК, кодирующий первичную структуру полипептида, состоит из 45 нуклеотидов. Определите число нуклеотидов на иРНК, кодирующих аминокислоты, число аминокислот в полипептиде и количество тРНК, необходимых для переноса этих аминокислот к месту синтеза. Ответ поясните.

РЕШЕНИЕ. Если в ДНК 45 нуклеотидов, то в иРНК будет столько же нуклеотидов, так как они комплементарны (иРНК является копией ДНК). Количество тРНК будет $45:3=15$, так как генетический код триплетен, и антикодон тРНК состоит из 3-х нуклеотидов. Количество аминокислот в белке будет тоже 15, т.к. одна тРНК доставляет к месту синтеза белка одну аминокислоту. **ОТВЕТ:** 15 аминокислот, 15 тРНК

ЗАДАЧА 6. Одна из цепей ДНК имеет молекулярную массу 103500. Определите количество аминокислот, закодированных в ней, если известно, что средняя молекулярная масса нуклеотида равна 300.

РЕШЕНИЕ: Молекулярную массу ДНК надо разделить на молекулярную массу одного нуклеотида, получим количество нуклеотидов: $103500:300=345$ нуклеотидов. Так как 3 нуклеотида кодируют 1 аминокислоту, то 345 надо разделить на 3 и получить количество аминокислот в белке: $345:3=115$. **ОТВЕТ:** 115 аминокислот.

ЗАДАЧА 7. Участок белковой молекулы состоит из следующей последовательности аминокислот: метионин - аргинин - аланин - глицин. Определите возможную последовательность нуклеотидов в молекуле ДНК.

РЕШЕНИЕ: Воспользуемся генетическим кодом для построения иРНК. Можно брать из него любой триплет, соответствующий аминокислоте. Например, иРНК может быть такой: АУГ-ЦГЦ-ГЦУ-ГГУ. По принципу комплементарности ей будет соответствовать ДНК: ТАЦ- ГЦГ- ЦГА- ЦЦА.

ЗАДАЧА 8. Известно, что все виды тРНК синтезируются на ДНК-матрице. Фрагмент молекулы ДНК, на которой синтезируется участок центральной петли тРНК, имеет следующую последовательность нуклеотидов: ГЦТТАЦТЦЦТТГАЦ. Установите нуклеотидную последовательность участка тРНК, который синтезируется на данном фрагменте, и аминокислоту, которую будет переносить эта тРНК в процессе биосинтеза белка, если третий триплет соответствует антикодону тРНК. Ответ поясните. Для решения задания используйте таблицу генетического кода.

РЕШЕНИЕ. Необходимо помнить, что все виды РНК (иРНК, тРНК, рРНК) синтезируются на ДНК, для этого есть разные гены. Если в клетке для синтеза белка необходимо наличие 61-ой тРНК (именно такое количество смысловых кодонов в генетическом коде), значит на ДНК должен быть как минимум 61 ген для синтеза этих тРНК. В задаче дан один из них. Значит мы можем по принципу комплементарности построить на нем тРНК: ЦГА-АУГ-АГГ-ГАА-ЦУГ. Находим третий триплет – АГГ – это есть антикодон,

теперь, чтобы узнать аминокислоту, надо по данному антикодону построить соответствующий кодон в иРНК - УЦЦ, и затем по таблице «Генетический код» определить кодируемую аминокислоту. В данном случае это аминокислота **серин**. Ответ: тРНК будет переносить **серин**

ЗАДАЧА 9. Участок одной из двух цепей молекулы ДНК содержит 300 нуклеотидов с аденином (А), 100 нуклеотидов с тиминном (Т), 150 нуклеотидов с гуанином (Г) и 200 нуклеотидов с цитозином (Ц). Какое число нуклеотидов с А, Т, Г и Ц содержится в двухцепочечной молекуле ДНК? Сколько аминокислот должен содержать белок, кодируемый этим участком молекулы ДНК? Ответ поясните.

РЕШЕНИЕ. Согласно принципу комплементарности во второй цепи ДНК содержится нуклеотидов: А - 100, Т - 300, Г - 200, Ц – 150. В двух цепях ДНК содержится нуклеотидов: А 300+100=400, значит Т =А= 400; Ц = 200+150=350, значит Г= Ц=350. Информацию о структуре белка несет одна из двух цепей, число нуклеотидов в одной цепи ДНК 300 + 100 + 150 + 200 = 750, поскольку одну аминокислоту кодирует 3 нуклеотида, поэтому в белке должно содержаться $750 : 3 = 250$ аминокислот.

ОТВЕТ: 250 аминокислот.

ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

ЗАДАЧА 1. Участок цепи иРНК имеет последовательность нуклеотидов: Г-Ц-А-У-Г-Ц-У-А-Ц-У-Г-Г. Определите последовательность нуклеотидов на ДНК, антикодоны тРНК и последовательность аминокислот соответствующего фрагмента молекулы белка, используя таблицу генетического кода.

ЗАДАЧА 2. Белковая молекула состоит из 350 аминокислот. Определите длину и массу гена, несущего информацию о структуре этой белковой молекулы (средняя молекулярная масса одного нуклеотида составляет 300)?

ЗАДАЧА 3. Участок молекулы иРНК состоит из последовательности нуклеотидов: ГЦУ-АГЦ-АГУ-УГУ- ЦАГ.

Из каких аминокислот будет состоять белок, синтезированный на этой молекуле? Определите последовательность нуклеотидов в цепи ДНК, с которой произошла транскрипция.

ЗАДАЧА 4. Участок белковой молекулы состоит из последовательности аминокислот: лизин-фенилаланин-триптофан-метионин. Определите возможную последовательности нуклеотидов в молекуле ДНК.

ЗАДАЧА 5. Как изменится структура белка, если из кодирующей его цепи ДНК: Г-А-А-Т-Г-Т-А-Г-Ц-Т-А-Г удалить 4-й нуклеотид?

ЗАДАЧА 6. Одна из цепей ДНК образованна последовательностью нуклеотидов: Г-Ц-А-Ц-А-Т-Г-Ц-А-Т-А-А-Г-Т-Г. Определите первичную структуру белка, закодированного в этой цепи, количество (в %) различных видов нуклеотидов в этом гене (в двух цепях), длину гена.

ЗАДАЧА 7. Определите триплеты (антикодоны) т-РНК, участвующие в синтезе белка, если кодирующий фрагмент ДНК состоит из нуклеотидов: Г-Г-Т-А-Ц-Г-А-Т-Г-Т-Ц-А-А-Г-А. Сколько тРНК участвует в синтезе белка? Какие аминокислоты закодированы в этой ДНК?

ЗАДАЧА 8. Молекула иРНК несет информацию о белке, состоящем из 210 аминокислот. Сколько нуклеотидов имеется в участке молекулы ДНК, с которой была транскрибирована данная иРНК. Какова длина молекулы ДНК?

ЗАДАЧА 9. Белок состоит из 120 аминокислот. Установите, во сколько раз молекулярная масса участка гена, кодирующего данный белок, превышает молекулярную массу белка, если средняя молекулярная масса аминокислоты – 110, а нуклеотида – 300. Ответ поясните.

ЗАДАЧА 10. Известно, что все виды РНК синтезируются на ДНК-матрице. Фрагмент цепи ДНК, на которой синтезируется участок центральной петли тРНК, имеет следующую последовательность нуклеотидов: ТТТГГЦТАТЦАГТТГ. Определите нуклеотидную последовательность участка тРНК, который синтезируется на этом фрагменте ДНК, и аминокислоту, которую будет переносить эта тРНК в процессе биосинтеза белка, если тр

етий триплет соответствует антикодону тРНК. Ответ поясните. Для решения задания используйте таблицу генетического кода.

ЗАДАЧА 11. Какие антикодоны тРНК могут транспортировать к рибосоме аминокислоту валин? Какая последовательность нуклеотидов на ДНК будет им соответствовать?

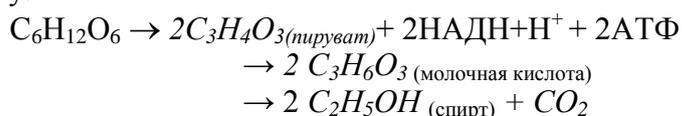
ЗАДАЧА 12. Используя таблицу «Генетический код», напишите предполагаемый участок ДНК, в котором закодирована информация о следующей последовательности аминокислот в белке: -метионин - цистеин – триптофан – лизин –изолейцин –

1.2. ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ОБМЕН

Когда организму нужна энергия, он получает ее при расщеплении сложных органических веществ: белков, жиров и углеводов. Эти процессы получили название энергетический обмен. Порядка 40% полученной энергии идет на образование АТФ, часть рассеивается в виде тепла. Расщепление органических веществ у эукариотов идет в три этапа, которые необходимо знать для решения биологических задач. У бактерий нет митохондрий, поэтому энергетический обмен состоит из первых двух этапов.

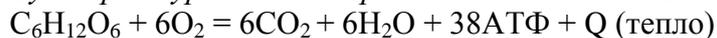
Первый этап – подготовительный. На этом этапе под действием гидролитических ферментов происходит расщепление белков до аминокислот, жиров до глицерина и жирных кислот, крахмала и гликогена до глюкозы. У многоклеточных организмов эти процессы проходят в пищеварительной системе, у одноклеточных – в лизосомах. Вся энергия, полученная на первом этапе, выделяется в виде тепла (АТФ не образуется).

Второй этап – анаэробный (без участия кислорода) происходит в цитоплазме клеток. Бескислородное расщепление глюкозы называется **гликолиз**. Заканчивается образованием двух молекул пировиноградной кислоты, 2НАДН+Н⁺ и двух молекул АТФ. При недостатке кислорода в клетке ПВК может превращаться в спирт или молочную кислоту:



Третий этап – аэробный (дыхание или биологическое окисление). Происходит в митохондриях с участием кислорода. ПВК полностью окисляется до CO₂ и H₂O, при этом образуется 36 молекул АТФ.

Суммарное уравнение энергетического обмена глюкозы:



ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

ЗАДАЧА 1. В процессе гликолиза образовалось 42 молекулы пировиноградной кислоты. Какое количество молекул глюкозы подверглось расщеплению и сколько молекул АТФ образуется при полном окислении?

РЕШЕНИЕ. При гликолизе одна молекула глюкозы расщепляется с образованием 2-х молекул пировиноградной кислоты (ПВК), следовательно, гликолизу подверглась 21 молекула глюкозы (42:2=21). При полном окислении одной молекулы глюкозы

(бескислородный и кислородный этапы) образуется 38 молекул АТФ. При окислении 21 молекулы образуется: $21 \times 38 = 798$ молекул АТФ. ОТВЕТ: 798 молекул АТФ.

ЗАДАЧА 2. Какие продукты образуются, и сколько молекул АТФ запасается в клетках дрожжей при спиртовом брожении в результате расщепления 15 молекул глюкозы? Ответ поясните.

РЕШЕНИЕ. Расщепление глюкозы в клетках дрожжей происходит по типу спиртового брожения, продуктами которого являются этиловый спирт и углекислый газ. Известно, что 1 молекула глюкозы расщепляется с образованием 2-х молекул АТФ, следовательно, из 15 молекул глюкозы образуется 30 молекул АТФ. ОТВЕТ: при спиртовом брожении образуются: CO_2 , этиловый спирт, и 30 молекул АТФ.

ЗАДАЧА 3. Сколько молекул АТФ будет запасаться в клетке при окислении до углекислого газа и воды фрагмента молекулы гликогена, состоящего из 150 мономерных звеньев? Ответ поясните.

РЕШЕНИЕ. Биополимер гликоген состоит из мономеров глюкозы, а при полном окислении одной молекулы глюкозы образуется 38 молекул АТФ. Следовательно, из гликогена образуется $150 \times 38 = 5700$ молекул АТФ.

ОТВЕТ: 5700 молекул АТФ

ЗАДАЧА 4. Сколько молекул АТФ будет запасаться в бактериальной клетке при неполном окислении 120 молекул глюкозы? Какие продукты при этом образуются? Ответ поясните.

РЕШЕНИЕ. В бактериальной клетке отсутствуют митохондрии, и не идет третий этап окисления. В энергетическом обмене только два этапа, в результате окисления 120 молекул глюкозы бактерия получит $120 \times 2 = 240$ молекул АТФ и 240 молекул ПВК.

ЗАДАЧА 5. Гликолизу подверглось две молекулы глюкозы, а кислородному окислению только одна. Определите количество образованных молекул АТФ и выделившихся молекул углекислого газа при этом.

РЕШЕНИЕ. Для решения используем уравнения 2 этапа (гликолиза) и 3 этапа (кислородного) энергетического обмена. При гликолизе одной молекулы глюкозы образуется 2 молекулы АТФ, а при кислородном окислении – 36 молекул АТФ. По условию задачи гликолизу подверглось 2 молекулы глюкозы: $2 \times 2 = 4$, а кислородному окислению только одна – $1 \times 36 = 36$. В итоге получено $4 + 36 = 40$ молекул АТФ. Углекислый газ образуется только на 3 этапе, при полном окислении одной молекулы глюкозы образуется 6 CO_2 . ОТВЕТ: 40 молекул АТФ; CO_2 - 6 молекул

ЗАДАЧА 6. В 1 молекуле АТФ запасается энергии 30,6 кДж/моль. Сколько энергии запасается в молекулах АТФ при аэробном окислении глюкозы? Какова эффективность аэробного дыхания (в %), если всего на двух этапах освобождается энергии: $E_{\text{общ}} = 2880$ кДж/моль. **РЕШЕНИЕ.** Всего при полном окислении образуется 38 молекул АТФ, в них запасается $38 \times 30,6 = 1162,8$ кДж/моль. Остальная энергия рассеивается. Эффективность аэробного дыхания = $(1162,8 : 2880) \times 100\% = 40,37\%$

ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

ЗАДАЧА 1. Какие продукты образуются, и сколько молекул АТФ запасается в клетках молочнокислых бактерий при брожении в результате расщепления 25 молекул глюкозы? Ответ поясните.

ЗАДАЧА 2. Полное расщепление одной молекулы глюкозы в процессе дыхания в мышце дает приблизительно 25 молекул АТФ, при брожении чистый выход составляет 2 молекулы АТФ на молекулу глюкозы. Из-за недостатка кислорода мышца временно лишается энергии, которую она могла бы извлечь из расщепления молекулы глюкозы. Сколько % энергии теряется в мышце при недостатке кислорода?

ЗАДАЧА 3. Известно, что при брожении образуется 2 молекулы АТФ, остальная энергия рассеивается в виде тепла. Всего при спиртовом брожении освобождается $E_{\text{общ}} = 210$ кДж/моль, а при молочнокислом в мышцах $E_{\text{общ}} = 150$ кДж/моль. Рассчитайте эффективность (в %) обоих видов брожения, и сравните, у какого брожения она выше молочнокислого или спиртового? Известно, что в 1 молекуле АТФ запасается 30,6 кДж/моль.

ЗАДАЧА 4. Гликолизу подверглось три молекулы глюкозы, окислению только одна из них. Определите количество образованных молекул АТФ и выделившихся молекул углекислого газа при этом.

ЗАДАЧА 5. В процессе энергетического обмена в клетке образовалось 42 молекул АТФ. Определите количество молекул глюкозы подвергшихся гликолизу и сколько из них окислению до конечных продуктов.

ЗАДАЧА 6. Определите массу образованного углекислого газа при полном окислении в организме 45 г глюкозы. Молекулярная масса глюкозы равна 180. Молекулярная масса углекислого газа – 44.

ЗАДАЧА 7. Определите массу образованной при фотосинтезе глюкозы, если на это израсходовано 88 г углекислого газа. Молекулярная масса глюкозы равна 180. Молекулярная масса углекислого газа – 44.

ЗАДАЧА 8. У человека при интенсивной мышечной работе появилась боль, установлено, что в мышечной клетке появилось 30 молекул молочной кислоты. Сколько мышечной клеткой было использовано молекул глюкозы, сколько энергии получила клетка, если в 1 молекуле АТФ запасается 30,6 кДж/моль.

ЗАДАЧА 9. На третьем этапе окисления в митохондриях образовалось 972 молекулы АТФ. Определите, какое количество молекул глюкозы подверглось расщеплению и сколько молекул АТФ образовалось в результате гликолиза и полного окисления. Ответ поясните.

ЗАДАЧА 10. В процессе диссимиляции произошло расщепление 7 моль глюкозы, из которых полному (кислородному) расщеплению подверглось только 2 моль. Определите: 1) сколько моль молочной кислоты и углекислого газа при этом образовалось? 2) сколько моль АТФ при этом синтезировалось? 3) сколько энергии и в какой форме аккумулировано в этих молекулах АТФ?

1.3. РАЗМНОЖЕНИЕ И РАЗВИТИЕ ОРГАНИЗМОВ

Основой размножения и развития организмов является деление клетки. Описано три способа деления эукариотической клетки:

1) амитоз (прямое деление) – редкий способ деления клетки, характерный для стареющих или опухолевых клеток;

2) митоз (непрямое деление) – это процесс образования двух дочерних клеток с набором хромосом, идентичным материнской клетке. Обеспечивает постоянство набора хромосом в соматических клетках организма.

Количество хромосом в клетке принято обозначать буквой n , а количество ДНК – c . Если учесть, что хромосома – это молекула ДНК, то генетический материал диплоидной материнской клетки можно записать – $2n2c$. В интерфазе происходит удвоение ДНК, формула становится – $2n4c$. Затем следует митоз.

	Профаза	Метафаза	Анафаза	Телофаза
МИТОЗ	$2n4c$	$2n4c$	$2n4c$	Две клетки $2n2c$

3) мейоз (редукционное деление) – обеспечивает образование из одной материнской клетки четырех гаплоидных клеток. Мейоз лежит в основе образования гамет у животных (овогенез и сперматогенез). **У растений в результате мейоза получают гаплоидные споры**, из которых в результате митоза получается гаметофит с гаметами.

Для мейоза характерны те же стадии, что и для митоза, но он состоит из одной интерфазы и двух следующих друг за другом делений. Причем, в первом делении происходит два самых главных события: уменьшение количества хромосом и кроссинговер, а второе деление сходно с митозом.

	Профаза	Метафаза	Анафаза	Телофаза
МЕЙОЗ 1	2n4c	2n4c	2n4c	Две клетки n2c
МЕЙОЗ 2	n2c	n2c	2n2c	Четыре клетки nc

ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

ЗАДАЧА 1. Для соматической клетки животного характерен диплоидный набор хромосом. Определите хромосомный набор (n) и число молекул ДНК (c) в клетке перед мейозом I, в профазе и телофаза мейоза II. Объясните результаты в каждом случае.

РЕШЕНИЕ. Если в соматической клетке набор 2n2c, то в интерфазе перед мейозом I происходит удвоение ДНК, набор хромосом - 2n, число ДНК - 4c (формула 2n4c). В результате первого деления мейоза, происходит редукция (уменьшение количества хромосом), получают 2 гаплоидные клетки с формулой n2c, эти клетки сразу вступают в профазу мейоза II, поэтому в этой фазе формула клетки сохраняется - n2c. В процессе мейоза II расходятся хроматиды (молекулы ДНК) и в телофаза мейоза II формула клетки будет - nc.
ОТВЕТ: перед мейозом - 2n2c, в профазе мейоза II - n2c, в телофаза мейоза II - nc.

ЗАДАЧА 2. Общая масса всех молекул ДНК в 46 хромосомах одной соматической клетки человека составляет около $6 \cdot 10^{-9}$ мг. Определите, чему равна масса всех молекул ДНК в сперматозоиде и соматической клетке перед началом деления и после ее окончания. Ответ поясните.

РЕШЕНИЕ. Сперматозоид – это гаплоидная клетка (n) с половинным набором хромосом, значит масса ДНК в сперматозоиде в 2 раза меньше, чем в соматической клетке, и равна $3 \cdot 10^{-9}$ мг. Соматическая клетка (2n) делится митозом. Перед началом деления в исходной соматической клетке количество ДНК удваивается и масса равна $2 \times 6 \cdot 10^{-9} = 12 \cdot 10^{-9}$ мг. После окончания митоза получают две дочерние клетки одинаковые с материнской, т.е. с массой ДНК - $6 \cdot 10^{-9}$ мг.

ОТВЕТ: масса ДНК в сперматозоиде - $3 \cdot 10^{-9}$ мг, перед митозом - $12 \cdot 10^{-9}$ мг, после митоза – $6 \cdot 10^{-9}$ мг.

ЗАДАЧА 3. Общая масса всех молекул ДНК в 46 хромосомах одной соматической клетки человека составляет около $6 \cdot 10^{-9}$ мг. Определите, чему равна масса всех молекул ДНК в клетке, образующейся при овогенезе после мейоза I и мейоза II. Ответ поясните.

РЕШЕНИЕ. Овогенез – это образование женских гамет, в основе которого лежит мейоз. Перед началом мейоза I происходит удвоение ДНК, масса ДНК становится $12 \cdot 10^{-9}$ мг. В мейозе I расходятся гомологичные хромосомы, образуется 2 гаплоидные клетки с половинным набором хромосом, масса ДНК в этих клетках уменьшается в 2 раза и становится $6 \cdot 10^{-9}$ мг. Не забываем, что каждая хромосома пока еще состоит из двух хроматид, которым предстоит второе деление. В мейозе II расходятся хроматиды, образуется 4 гаплоидные клетки, масса ДНК в них уменьшается еще в 2 раза и равняется $3 \cdot 10^{-9}$ мг. В овогенезе выживает только одна гаплоидная клетка (три – погибают), это и есть яйцеклетка с массой ДНК $3 \cdot 10^{-9}$ мг.

ОТВЕТ: после мейоза I = $6 \cdot 10^{-9}$ мг, после мейоза II = $3 \cdot 10^{-9}$ мг

ЗАДАЧА 4. Хромосомный набор соматических клеток пшеницы равен 28. Определите хромосомный набор и число молекул ДНК в одной из клеток семязачатка перед началом мейоза, в анафаза мейоза I и анафаза мейоза II. Объясните, какие процессы происходят в эти периоды и как они влияют на изменение числа ДНК и хромосом.

РЕШЕНИЕ. В соматической клетке пшеницы 28 хромосом, 28 ДНК ($2n4c$). Перед началом мейоза I происходит удвоение ДНК, в клетке - 28 хромосом, 56 ДНК ($2n4c$). В анафазе мейоза I гомологичные хромосомы расходятся к полюсам, но клетка остается целостной структурой с набором хромосом - 28, ДНК - 56 ($2n4c$). Завершается мейоз I разделением цитоплазмы и образованием двух гаплоидных клеток с набором - 14 хромосом 28 ДНК ($n2c$), эти гаплоидные клетки тут же вступают в мейоз II. В анафазе мейоза II к полюсам расходятся хроматиды (сестринские хромосомы), а так как хромосома - это 1 молекула ДНК, то у полюсов клетки будет по n - 14 хромосом 14 ДНК.

ОТВЕТ: перед началом мейоза - 28 хромосом, 56 ДНК; в анафазе мейоза I - 28 хромосом, 56 ДНК; в анафазе мейоза II - у каждого полюса клетки 14 хромосом, 14 ДНК.

ЗАДАЧА 5. Общая масса всех молекул ДНК в 46 хромосомах одной соматической клетки человека составляет около $6 \cdot 10^{-9}$ мг. Определите, чему равна масса всех молекул ДНК в клетке, образующейся при овогенезе в анафазе мейоза I и анафазе мейоза II. Ответ поясните.

РЕШЕНИЕ. Перед началом мейоза происходит удвоение ДНК, масса ДНК становится $12 \cdot 10^{-9}$ мг. В анафазе мейоза I гомологичные хромосомы расходятся к полюсам, но клетка пока остается целостной структурой с массой ДНК = $12 \cdot 10^{-9}$ мг. Завершается мейоз I образованием двух гаплоидных клеток с уменьшенным в 2 раза набором хромосом, масса ДНК = $6 \cdot 10^{-9}$ мг, эти гаплоидные клетки тут же вступают в анафазу мейоза II, поэтому набор хромосом остается тот же и масса ДНК = $6 \cdot 10^{-9}$ мг. **ОТВЕТ:** масса ДНК в анафазе мейоза I - $12 \cdot 10^{-9}$ мг; в анафазе мейоза II - $6 \cdot 10^{-9}$ мг.

ЗАДАЧА 6. Соматические клетки дрозофилы содержат 8 хромосом. Как изменится число хромосом и молекул ДНК в ядре при гаметогенезе перед началом деления и в конце телофазы мейоза I? Объясните результаты в каждом случае.

РЕШЕНИЕ. Перед началом деления число хромосом не изменяется, а число ДНК удвоилось за счёт репликации, поэтому число хромосом = 8, молекул ДНК = 16; в телофазе мейоза I число хромосом и ДНК уменьшается в 2 раза, так как мейоз I редукционное деление, в конце телофазы мейоза I число хромосом = 4, молекул ДНК = 8. **ОТВЕТ:** перед началом деления число хромосом = 8, молекул ДНК = 16, в конце телофазы мейоза I - число хромосом = 4, молекул ДНК = 8.

ЗАДАЧА 7. Какой хромосомный набор характерен для клеток пыльцевого зерна и спермиев сосны? Объясните, из каких исходных клеток и в результате, какого деления образуются эти клетки.

РЕШЕНИЕ. Надо запомнить, что у высших растений в результате мейоза образуются гаплоидные споры, затем они прорастают (митоз) в гаплоидный гаметофит (пыльцевое зерно). На гаметофите образуются гаметы тоже в результате митоза. Учитывая сказанное, можно утверждать, что клетки пыльцевого зерна сосны и спермии имеют гаплоидный набор хромосом - n . Клетки пыльцевого зерна сосны развиваются из гаплоидных спор митозом; спермии сосны развиваются из генеративной клетки пыльцевого зерна митозом. **ОТВЕТ:** клетки пыльцевого зерна сосны и спермии имеют гаплоидный набор хромосом - n . Клетки пыльцевого зерна сосны развиваются из гаплоидных спор митозом; спермии сосны развиваются из генеративной клетки пыльцевого зерна митозом.

ЗАДАЧА 8. Какой хромосомный набор характерен для гамет и спор растения мха кукушкина льна? Объясните, из каких клеток и в результате, какого деления они образуются.

РЕШЕНИЕ. Гаметы кукушкина льна образуются на гаплоидном гаметофите путем митоза. Набор хромосом у гамет одинарный. Споры кукушкина льна образуются на диплоидном спорофите путем мейоза. Набор хромосом у спор одинарный.

ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

ЗАДАЧА 1. Хромосомный набор соматических клеток речного рака равен 116. Определите хромосомный набор и число молекул ДНК в одной из клеток в профазе митоза, в метафазе митоза и телофазе митоза. Поясните, какие процессы происходят в эти периоды и как они влияют на изменение числа ДНК и хромосом.

ЗАДАЧА 2. Общая масса молекул ДНК в 46 хромосомах ядра соматической клетки человека составляет $6 \cdot 10^{-9}$ мг. Определите, чему равна масса всех молекул ДНК в ядрах в конце интерфазы, в профазе мейоза I и профазе мейоза II. Ответ поясните.

ЗАДАЧА 3. В клетках одного из видов пшеницы содержится 28 хромосом. Определите число хромосом и молекул ДНК при образовании пыльцевого зерна в тычинке на стадиях профазы мейоза 1, профазы 2 и телофазы мейоза 2. Объясните полученные результаты.

ЗАДАЧА 4. В соматических клетках мухи дрозофилы содержится 8 хромосом. Определите, какое число хромосом и молекул ДНК содержится в ядре при гаметогенезе перед началом деления, в метафазе мейоза I и метафазе мейоза II. Объясните полученные результаты.

ЗАДАЧА 5. В ядрах клеток слизистой оболочки кишечника позвоночного животного 20 хромосом. Какое число хромосом и ДНК будет иметь ядро яйцеклетки и зиготы этого животного? Ответ поясните.

ЗАДАЧА 6. В первичной половой клетке самки кролика 22 хромосомы. Сколько хромосом и молекул ДНК будет содержать овоцит в фазе роста, яйцеклетка и направительные тельца в конце фазы созревания овогенеза.

ЗАДАЧА 7. В клетках эндосперма семян лилии 21 хромосома. Как изменится число хромосом и молекул ДНК в конце телофазы мейоза I и мейоза II по сравнению с интерфазой у этого организма? Ответ поясните.

ЗАДАЧА 8. В клетках клубня картофеля 48 хромосом. Какой хромосомный набор характерен для клеток зародыша и эндосперма семени, листьев картофеля. Объясните результат в каждом случае.

ЗАДАЧА 9. В клетке папоротника вида *Ophioglossum reticulatum* содержится 630 пар хромосом. Сколько хромосом и молекул ДНК содержат споры папоротника, клетки его заростка, а также зигота после оплодотворения.

ЗАДАЧА 10. Клетки одного из мхов содержат порядка 66 хромосом. Какой хромосомный набор характерен для коробочки мха, спор и гамет растения? Объясните, из каких клеток и в результате какого деления они образуются.

РАЗДЕЛ II. ОРГАНИЗМЕННЫЙ УРОВЕНЬ ОРГАНИЗАЦИИ ЖИЗНИ.

2.1. ЗАКОНОМЕРНОСТИ НАСЛЕДОВАНИЯ

Умение решать задачи по генетике предполагает обязательное знание основных генетических терминов, законов Г. Менделя, положений теории Т. Моргана.

Рассмотрим примеры решения типовых задач на моногибридное скрещивание. Первым наиболее важным этапом обучения решению задач является понимание **цитологических основ формирования гамет**: процессов расхождения гомологичных хромосом при мейозе и последующего слияния гамет при оплодотворении.

Важно понять, что аллельные (альтернативные) гены лежат в гомологичных (парных) хромосомах, а во время мейоза они расходятся в гаметы. Если родитель с диплоидным набором хромосом имеет генотип Aa , то гаметы у него будут двух видов A и a , если же родитель имеет генотип aa , то его гаметы будут одного вида – a . Не забываем, что гаметы имеют гаплоидный или половинный набор хромосом (n).

ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

ЗАДАЧА 1. Мужчина со свободной мочкой уха (аутосомно-доминантный признак), чьи родственники имели такой же признак, женится на девушке с приросшими ушными раковинами. Определите генотипы и фенотипы их детей.

РЕШЕНИЕ. Обозначим признаки: A - свободная мочка уха, a – приросшая мочка уха. В задаче оговаривается, что все родственники мужчины имели свободную мочку уха, значит он, по-видимому, представляет собой чистую линию (гомозиготу AA), девушка имеет рецессивный фенотип, значит ее генотип - aa . Когда установлены генотипы родителей, надо определить образуемые ими гаметы. У мужчины гаметы одного типа – A , у девушки тоже одного типа – a . При слиянии гамет возможны дети только с генотипом Aa и фенотипом – свободная мочка уха.

СХЕМА задачи выглядит следующим образом

$P: AA \times aa$

$G \ A \ a$

$F_1 \ Aa$

ОТВЕТ: В задаче проявляется первый закон Менделя – единообразие первого поколения.

ЗАДАЧА 2. Наличие пигмента в волосах у человека доминирует над альбинизмом (отсутствие пигмента). Муж и жена гетерозиготны по пигментации волос. Возможно ли рождение у них ребенка альбиноса?

РЕШЕНИЕ. Вначале делаются обозначения: A - наличие пигмента, a - отсутствие пигмента. В задаче сразу оговорено, что родители гетерозиготны, значит они имеют генотипы $Aa \times Aa$, первый родитель дает гаметы A и a , и второй также дает гаметы A и a , тогда при встрече гамет отца и матери могут появиться дети с генотипами: AA, Aa, Aa, aa . Схема решения задачи следующая:

$P: Aa \times Aa$

$G \ A, a \ A, a$

$F_1 \ AA, Aa, Aa, aa$

ОТВЕТ: да, в этой семье может родиться ребенок альбинос с вероятностью 25%. Проявляется второй закон Менделя – закон расщепления.

ЗАДАЧА 3. У человека преимущественное владение правой рукой (правша) доминирует, над владением левой рукой (левша). Какова вероятность рождения ребенка левши у женщины-правши, отец которой был левшой, и мужчины – левши.

РЕШЕНИЕ. Обозначив гены: А - праворукости, а - леворукости, необходимо определить генотипы предполагаемых родителей.

Поскольку о фенотипе женщины сказано, что она - правша, следовательно, ее генотип может быть АА или Аа. Кроме того, известно, что ее отец был левшой, т.е. он мог иметь генотип только **аа**. Следовательно, с его гаметой дочка могла получить только рецессивный ген а. Таким образом, генотип женщины однозначно - Аа. Что же касается генотипа мужчины, то здесь ситуация более простая. Так как по условию задачи он левша, то его генотип имеет два рецессивных гена **аа**. На основании этого записываются генотипы обоих родителей - Р: Аа х **аа**. Поскольку при мейозе гомологичные хромосомы расходятся в разные гаметы, то у матери образуются гаметы: А и а, а у отца гаметы: а и а.

<u>Гаметы матери /</u> гаметы отца	А	а
а	Аа	аа
а	Аа	аа

Соединив гены женских и мужских гамет, можно определить все возможные варианты генотипов у потомков (F1):

Аа, Аа, аа, аа

правши левши

Первые два варианта генотипов потомков Аа гетерозиготные. Доминантный ген определил доминирующий признак - праворукость. Два других генотипа **аа** соответствуют рецессивному признаку леворукости. Следовательно, соотношение указанных фенотипов составляет 1:1.

ЗАДАЧА 4. Голубоглазый мужчина, оба родителя которого имели карие глаза, женится на кареглазой женщине, чья мать была кареглазой, а отец голубоглазым. От этого брака родилось двое детей - кареглазая дочь и голубоглазый сын. Каковы генотипы всех указанных лиц, если учесть, что ген голубых глаз рецессивен? Какова вероятность рождения голубоглазых детей в этой семье?

РЕШЕНИЕ: Для решения задачи надо установить генотипы родительской пары, в данном случае как своеобразные подсказки даются генотипы детей, а также бабушек и дедушек. Поколения записываются в отдельные строки друг под другом. Следуя условию задачи, запишем родословную:

A_ x A_ A_ x аа

Р: аа x A_

F1 A_ , аа

Теперь остается восстановить генотипы всех указанных лиц. Поскольку у родительской пары родился голубоглазый ребенок (F1) следовательно оба имели рецессивный ген голубоглазости (а), значит кареглазая женщина имеет гетерозиготный генотип. Голубоглазый мужчина (аа) мог родиться у кареглазых родителей только в случае, если они оба были гетерозиготны (Аа). То, что у женщины был голубоглазый отец доказывает ее гетерозиготность. Мать женщины могла иметь с одинаковой вероятностью генотип АА или Аа. В результате рассуждений генотипы выглядят следующим образом:

P₁: Аа х Аа и Аа (АА) х аа

P₂: аа х Аа

G а А,а

F₁ Аа , аа, Аа, аа

Первый родитель (мужчина) дает гаметы одного вида - а. Второй родитель (женщина) дает гаметы двух видов - А и а. Поскольку все гаметы имеют равную вероятность встречи, то вероятность рождения голубоглазых и кареглазых детей в этой семье одинакова и равна 50%. Такое скрещивание, когда среди потомков наблюдается фенотипическое расщепление

1 : 1 , называется анализирующим, и в генетике применяется для установления генотипа особи с доминантным признаком. Если родительская особь имеет генотип Aa, то при скрещивании с чистой линией по рецессивному гену (aa), она даст фенотипическое расщепление 1 : 1, а при генотипе AA все потомки расщепления не будет, т.е. все потомки фенотипически одинаковы.

ЗАДАЧА 5. В семье, где оба родителя кареглазые, родилась голубоглазая девочка. Определите генотипы родителей и ребенка. Какова вероятность рождения в этой семье второго голубоглазого ребенка?

РЕШЕНИЕ. В этой задаче не оговаривается, какой признак доминантный, а какой – рецессивный. Это надо установить самим. Если родители имеют одинаковый признак, а рождается ребенок с альтернативным признаком, значит родители были гетерозиготны по доминантному признаку (Aa), а ребенок имеет рецессивный признак (aa). Значит А-кареглазость, а – голубоглазость. Схема задачи выглядит так:

P: Aa x Aa
G A,a A,a
F₁ AA, Aa, Aa,aa

ОТВЕТ: генотип голубоглазой девочки – aa, вероятность рождения второго голубоглазого ребенка – 25 %, так как сколько бы голубоглазых детей не рождалось в этой семье, вероятность их появления остается постоянной.

ЗАДАЧА 6. При скрещивании черных кроликов с серыми рождались только черные крольчата. Какое потомство следует ожидать во втором поколении от скрещивания между собой гибридов первого поколения? **РЕШЕНИЕ:** В этой задаче надо самим установить доминантный признак. Так как родители имеют альтернативные признаки, то согласно первому закону Менделя, тот признак, который проявляется у первого поколения – доминантный. Значит, А – черный цвет, а – серый. Схема задачи выглядит так:

P: AA x aa
G Aa
F₁Aa

P₂: Aa x Aa
G A, a A, a
F₂AA, Aa, Aa, aa

ОТВЕТ: во втором поколении проявляется закон расщепления 3:1, появляется 75% черных кроликов и 25% серых.

ЗАДАЧА 7. Известна мутация (желтая мышь), которая наследуется как доминантный аутосомный признак. Гомозиготы по этому гену погибают на ранних стадиях эмбрионального развития, а гетерозиготы жизнеспособны. Рецессивная аллель этого гена определяет черную окраску мышей. Желтых мышей скрестили между собой. Составьте схему решения задачи. Определите генотипы родителей, соотношение генотипов и фенотипов ожидаемых и родившихся потомков.

РЕШЕНИЕ: По всей видимости, родители были гетерозиготны, значит схема задачи такова:

P: Aa x Aa
G A,a A,a
F₁AA, Aa, Aa, aa

ОТВЕТ: ожидалось потомство 3:1, но так как AA – не рождается, то получили потомство = 2 желтых: 1 черный

ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

ЗАДАЧА 1. Болезнь Марфана («паучьи пальцы») наследуется по аутосомно-доминантному типу. Могут ли родиться здоровые дети в семье, где мужчина болен, но генотипически он гетерозиготный, а женщина фенотипически здорова?

ЗАДАЧА 2. Синдактилия (сращивание пальцев) наследуется по АД-типу. 1) Могут ли родиться дети с этой аномалией в семье, где оба родителя гетерозиготны по данному признаку? 2) Какова вероятность рождения детей с данной аномалией в семье, где один из супругов нормален, а другой гетерозиготен по этому признаку.

ЗАДАЧА 3. Мужчина с веснушками женился на женщине, без веснушек, чьи родители, однако, имели веснушки. У них родилось 2 детей: с веснушками и без веснушек. Отец мужчины имел веснушки, а его мать - нет. Определите генотипы всех указанных лиц, а также вероятность рождения следующего ребенка с веснушками. (Наличие веснушек - доминантный признак).

ЗАДАЧА 4. Девушка с короткими ресницами вышла замуж за юношу с длинными ресницами, мать которого имела короткие ресницы. Определите возможные фенотипы и генотипы их детей. (Длинные ресницы - доминантный признак).

ЗАДАЧА 5. Девушка с полными губами, отец которой имел тонкие губы, а мать - полные губы, вышла замуж за юношу с полными губами. Определите, какие губы будут иметь их дети, если муж гетерозиготен по этому признаку, и в случае, если он гомозиготен (Полные губы - доминантный признак).

ЗАДАЧА 6. В семье, где отец и мать имели нос с горбинкой, родились 3 детей, один из которых имел прямой нос, а двое других - с горбинкой. Определите генотипы всех членов семьи и вероятность рождения детей с таким же носом как у родителей. (Нос с горбинкой - доминантный признак)

ЗАДАЧА 7. У кареглазой матери и голубоглазого отца все дети кареглазые. Запишите генотипы родителей и детей. Действие, какого закона проявляется в данном случае? (Голубые глаза - рецессивный признак)

ЗАДАЧА 8. Одним из наследственных заболеваний обмена веществ является фенилкетонурия, вызванная нарушениями превращения аминокислоты фенилаланина. В результате болезни у детей быстро развивается слабоумие. Мутантный ген рецессивен по отношению к нормальному гену. Определите степень риска появления ребенка с фенилкетонурией, если оба родителя здоровы и гетерозиготны по этому признаку?

ЗАДАЧА 9. У человека ген полидактилии (шестипалости) является доминантным по отношению к гену, детерминирующему нормальное строение кисти. От брака гетерозиготного шестипалого мужчины с женщиной с нормальным строением кисти родилось два ребенка: пятипалый и шестипалый. Определите генотип детей.

ЗАДАЧА 10. Одна из форм гемералопии (неспособность видеть при сумеречном и ночном освещении) наследуется как доминантный аутосомный признак. Какова вероятность рождения детей, страдающих гемералопией: а) от гетерозиготных больных родителей? б) в семье, где один из родителей страдает ночной слепотой, а другой нет, если известно, что оба супруга гомозиготны?

ЗАДАЧА 11. У крупного рогатого скота ген комолости (безрогости) доминирует над геном рогатости. Каких соотношений фенотипов можно ожидать в потомстве от следующих скрещиваний? а) рогатого быка с гомозиготными комолыми коровами; б) комолого быка с рогатой коровой, если известно, что в прошлом корова принесла от этого быка рогатого теленка; в) гетерозиготного комолого быка с гетерозиготными коровами.

ЗАДАЧА 12. При скрещивании между собой растений редиса с овальными корнеплодами получено 66 растений с округлыми, 141 - с овальными и 72 с длинными корнеплодами. Как осуществляется наследование формы корнеплода у редиса? Какое потомство получится от скрещивания растений с овальными и округлыми корнеплодами?

ДИГИБРИДНОЕ СКРЕЩИВАНИЕ

Определенную сложность представляют генетические задачи на дигибридное скрещивание, когда рассматривается две пары альтернативных признаков, контролируемых соответственно, двумя парами аллельных генов.

Как и при моногибридном скрещивании, рассмотренном выше, при дигибридном, необходимо прежде всего четко обозначить гены, контролируемые анализируемые признаки. Один признак обозначается буквой А, другой - буквой В. Генотип особей будет состоять из четырех генов (ААВВ). Как и в предыдущих задачах, первым этапом следует установление генотипов родителей, вторым этапом - определение родительских гамет, а третий этап - это анализ потомков (гибридов) по фенотипу и генотипу, которые получаются от слияния гамет.

Опыт показывает, что наибольшую трудность представляет этап составления гамет. Согласно закону чистоты гамет «при мейозе в гамету попадает по одному гену из каждой аллельной пары», значит, у особи с генотипом АаВв гаметы будут содержать две разные буквы (АВ, Ав, аВ, ав), но никак не одну. Умение составлять гаметы родительской пары во многом определяет успех в решении задач по генетике, поэтому закон чистоты гамет следует вспоминать каждый раз перед началом решения задачи.

Для учета всех возможных комбинаций гамет применяют технический прием, предложенный генетиком Пеннетом. Сущность его заключается в том, что чертится решетка, стороны которой имеют столько клеток, сколько разных типов гамет образует каждый из родителей. Затем над столбцами решетки по горизонтали выписывают все типы гамет, образуемых одним родителем, а слева против строк решетки в столбик выписывают все типы гамет другого родителя (обычно яйцеклетки). На пересечении строк решетки выписывают все комбинации слияния мужских и женских гамет. Против каждого из полученных генотипов потомства записываются их фенотипы.

ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

ЗАДАЧА 1. У человека темный цвет волос доминирует над светлым, а кареглазость над голубоглазостью. Какова вероятность рождения светловолосого голубоглазого ребенка у кареглазых темноволосых родителей (гетерозиготных по обоим признакам)? Обозначим гены: А - темных волос; а - светлых волос; В - карих глаз; в - голубых глаз. Поскольку по условию задачи генотипы родителей гетерозиготны по обоим признакам, следовательно, их следует записать:

Р: АаВв и АаВв

Возможные варианты генов в гаметах обоих родителей с учетом гипотезы чистоты гамет («в каждую гамету попадает по одному гену из аллельной пары»)

АВ. Ав. аВ. ав АВ. Ав. аВ, ав
яйцеклетки сперматозоиды

Следующий этап - нарисовать решетку Пеннета и записать варианты наборов генов в гаметах по горизонтали - женские, а по вертикали - мужские.

Гаметы	АВ	Ав	аВ	ав
АВ				

Теперь необходимо вписать в каждый квадрат те комбинации генов, которые могут возникнуть в зиготе при оплодотворении, т.е. при соединении яйцеклетки и сперматозоида. Желательно аллельные гены записывать рядом, а доминантные гены перед рецессивными. В окончательном виде заполненная решетка Пеннета будет выглядеть таким образом:

Гаметы	AB	Ab	aB	ab
AB	AABB т.к.	AABb т.к.	AaBB т.к.	AaBb т.к.
Ab	AABb т.к.	AAbb т.г.	AaBb т.к.	Aabb т.г.
aB	AaBB т.к.	AaBb т.к.	aaBB с.к.	aaBb с.к.
ab	AaBb т.к.	Aabb т.г.	aaBb с.к.	aabb с.г.

Под каждым генотипом указывается фенотип. По условию задачи необходимо определить вероятность рождения светловолосого голубоглазого ребенка. В 16 квадратах решетки Пеннета записаны все возможные генотипы предполагаемых потомков. Для того, чтобы присутствовали оба рецессивных признака, ребенку необходимо иметь генотип гомозиготный по обоим парам рецессивных генов, т.е. **aabb**. Из 16 возможных вариантов такой генотип единственный. Следовательно, его частота равна 1/16 или, если принять 16 за 100%, то 1 из 16 составит 6,25%. Просчитав количество потомков с различными фенотипами, можно определить вероятность того или иного фенотипа в процентах:

1. темные волосы, карие глаза (т. к.) – 9/16 (56,25%)
2. темные волосы, голубые глаза (т. г.) – 3/16 (18,75%)
3. светлые волосы, карие глаза (с. к.) – 3/16 (18,75%)
4. светлые волосы, голубые глаза (с. г.)- 1/16 (6,25%)

Такое соотношение фенотипов соответствует третьему закону Менделя, когда гены А и В находятся в разных парах гомологичных хромосом.

ЗАДАЧА 2. В семье, где один из супругов страдал полидактилией и имел темный цвет волос, а другой был пятипалый темноволосый, родилось двое детей - один из которых, страдающий полидактилией, был светловолосый, а второй - пятипалый темноволосый. Определите генотипы родителей и возможные генотипы других детей.

РЕШЕНИЕ. Обозначим гены: А - шестипалость (6 п), а- пять пальцев (5 п), В- темные волосы (т.в.), в- светлые волосы (с.в.). Теперь можно записать задачу в виде схемы, делая прочерки там, где пока не известен второй ген.

P: A_B_ x aaB_

F1: A_vv, aaB_

Рассматривая генотипы детей, можно определить генотипы родителей. Если в генотипе первого ребенка имеются гены vv, значит один ген был получен от мамы, а другой от папы. Аналогично, второй ребенок получил гены aa от обоих родителей. Таким образом, генотипы родителей можно записать как AaBv x aaBv. Теперь можно приступить к составлению решетки Пеннета, в которую сверху по горизонтали вписываются четыре гаметы первого родителя, а слева вниз вписываются две гаметы второго родителя (aB, av). В клетках на пересечении гамет записываются генотипы детей.

ГАМЕТЫ	AB	Ab	aB	av
aB	AaBB 6п, т.в	AaBb 6п, т.в	aaBB 5п, т.в	aaBb 5п, т.в.

ав	АаВв 6п, т.в	Аавв 6п, с.в.	ааВв 5п, т.в.	аавв 5п, с.в.
----	-----------------	------------------	------------------	------------------

Анализ потомства показал, что среди детей возможно появление четырех фенотипов: 3 шестипалых темноволосых, 3 пятипалых темноволосых, 1 шестипалый светловолосый, один пятипалый светлооолосый.

ЗАДАЧА 3. В семье отец страдает глухонемой (АР признак) и имеет белый локон надо лбом (АД признак), а мать здорова и лишена белой пряди. У них родился ребенок - глухонемой и с белым локоном надо лбом. Можно ли сказать, что он унаследовал эти признаки от отца? Может в этой семье родиться полностью здоровый ребенок?

РЕШЕНИЕ. Обозначим признаки: А- нормальный слух, а- глухонемой, В- белая прядь, в- нормальные волосы. Теперь составим генотипы родителей и ребенка: отец – ааВ ?, мать – А ? вв. ребенок – ааВ?. Поскольку у ребенка два гена глухонемоты (аа), то один ген он унаследовал от отца, а другой - от матери, мать была гетерозиготна по этому гену.

Таким образом, генотип матери теперь известен. А вот генотип отца мы таким рассуждением построить не можем. Но так как нас спрашивают о рождении полностью здорового ребенка (А?вв), то он может родиться только при наличии у отца рецессивного гена в. Теперь установлены генотипы обоих родителей =Р: ааВв х Аавв. Можно построить решетку Пеннета:

Гаметы	аВ	ав
Ав	АаВв, норм.слух,белая прядь	Аавв норм.слух, нет белой пряди
ав	ааВв глухонемой, белая прядь	аавв глухонемой, без белой пряди

ОТВЕТ: Вероятность рождения ребенка полностью здоровым (генотип Аавв) составляет 25 %.

ЗАДАЧА 4. Оба родителя резус-положительные (АД-признак), но отец голубоглазый (АР-признак), а мать кареглазая. У них родилось пятеро детей, из которых четверо резус-положительные, но и них 2 - голубоглазые, а 2 - кареглазые. Один же ребенок (пятый) - голубоглазый и резус - отрицательный. Определить генотипы родителей и детей.

РЕШЕНИЕ: Сделаем обозначения генов: R- резус положительность, r - резус отрицательность. А - кареглазость, а - голубоглазость. Теперь составим схему решения задачи:

Р: R ? аа (отец) х R? А?(мать)

F₁: R? аа, R? аа, R? А?, R? А?, r r аа

По генотипу последнего ребенка можно восстановить генотипы отца (Rraа) и матери (RrАа), а затем построить решетку Пеннета (отец образует 2 гаметы, мать - 4 гаметы):

Гамет ы	Ra	ra
RA	RRAa Резус+, карие	RrАа Резус+, карие
Ra	RRaa Резус+, голубые	Rraa Резус+, голубые
rA	RrАа Резус+, карие	rrАа Резус-, карие
ra	Rraa	Rraa

Анализ фенотипов детей: 3 ребенка резус положительные голубоглазые, 3 - резус положительные кареглазые, 1 - резус отрицательный голубоглазый, 1 - резус отрицательный кареглазый

ЗАДАЧА 5. Известно, что при дигибридном скрещивании во втором поколении происходит независимое наследование двух признаков. Объясните это явление поведением хромосом в мейозе при образовании гамет и при оплодотворении.

РЕШЕНИЕ. Эта задача требует словесного описания цитологических основ третьего закона Менделя. Все гены: А, а, В и в, находятся в разных хромосомах и ведут себя как независимые единицы. При мейозе гомологичные хромосомы расходятся в разные гаметы независимо друг от друга и случайно, образуя в гаметах комбинации. В гамету попадает по одному гену из каждой аллельной пары. Особь с генотипом АаВв может образовать 4 гаметы с комбинацией генов: АВ, Ав, аВ, ав. При оплодотворении все гаметы имеют равную вероятность встречи, таким образом, получается 16 возможных соединений гамет. Анализ по генотипам показывает наличие 9 генотипов в соотношении 1:2:1:2:4:2:1:2:1. Анализ по фенотипам показывает наличие 4х фенотипов в соотношении 9:3:3:1. По каждому признаку наследование идет независимо от другого с расщеплением 3:1.

ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

ЗАДАЧА 1. Мужчина гетерозиготный по кареглазости и полидактилии (оба признака доминантные) женился на голубоглазой женщине с нормальной кистью. Каковы вероятностные генотипы и фенотипы детей этого брака?

ЗАДАЧА 2. Отец с волнистыми волосами и без веснушек и мать с прямыми волосами и с веснушками имеют троих детей: с волнистыми волосами и с веснушками, с волнистыми волосами без веснушек, с прямыми волосами и с веснушками. Определите генотипы родителей и все возможные генотипы детей. (Волнистые волосы и веснушки - доминантные признаки).

ЗАДАЧА 3. Альбинизм у человека наследуется как АР-признак, а катаракта - как АД-признак. Фенотипически здоровый мужчина вступает в брак с женщиной, страдающей катарактой, но родители которой были абсолютно здоровы. У них родился сын, имеющий оба заболевания. Каким может быть их второй ребенок?

ЗАДАЧА 4. Полидактилия и отсутствие малых коренных зубов передаются как АД-признаки. Гены обоих признаков находятся в разных парах хромосом. Могут ли родиться дети без аномалий в семье, где оба родителя страдают двумя недостатками, но гетерозиготны по обоим парам генов?

ЗАДАЧА 5. У темноволосого кареглазого (дигетерозиготного) мужчины и светловолосой кареглазой женщины родились дети: первый голубоглазый и светловолосый, второй - кареглазый и темноволосый. Определите возможные генотипы родителей и их детей.

ЗАДАЧА 6. Известно, что хорья Гентингтона (А) - заболевание, проявляющееся после 35-40 лет и сопровождающееся прогрессирующим нарушением функций головного мозга, и положительный резус-фактор (В) наследуются как несцепленные аутосомно-доминантные признаки. Отец является дигетерозиготой по этим генам, а мать имеет отрицательный резус и здорова. Составьте схему решения задачи и определите генотипы родителей, возможного потомства и вероятность рождения здоровых детей с положительным резусом. Какое это скрещивание?

ЗАДАЧА 7. Светловолосая голубоглазая женщина вышла замуж за темноволосого кареглазого мужчину, отец которого был светловолосым. От этого брака родился темноволосый ребенок с голубыми глазами. Какова вероятность рождения в этой семье светловолосого кареглазого ребенка?

ЗАДАЧА 8. Какое будет потомство от родителей, если отец страдает мигренью (АД-признак) и гетерозиготен, а мать здорова. У отца и матери нормальный слух (АД-признак), и оба они по этому признаку гетерозиготны. Какова вероятность заболевания детей обоими болезнями или одной из них?

ЗАДАЧА 9. У родителей со свободной мочкой уха и треугольной ямкой на подбородке родился ребенок с несвободной мочкой уха и гладким подбородком. Определите, какие признаки доминантны, а какие рецессивны, генотипы родителей, первого ребенка и других возможных потомков. Признаки наследуются независимо.

ЗАДАЧА 10. В брак вступают девушка, больная сахарным диабетом с нормальным зрением, и близорукий дигетерозиготный юноша. Какие у них могут быть дети? Какова вероятность рождения у них детей больных одним или двумя заболеваниями? Сахарный диабет - АР- признак, близорукость - АД-признак. К какому типу скрещивания можно отнести этот брак?

ЗАДАЧА 11. У собак черная шерсть доминирует над коричневой, а коротконогость – над нормальной длиной ног: а) при скрещивании дигетерозигот было получено 480 щенят. Сколько среди них черных с нормальной длиной ног и коричневых с нормальной длиной ног? б) Черный кобель с короткими ногами предназначен для продажи, но покупатель требует доказать, что он не несет генов длинноногости и коричневого цвета шерсти. Как это можно сделать?

ЗАДАЧА 12. В шелковичном хозяйстве получена кладка яиц тутового шелкопряда, из которого вывелось: 12771 полосатая гусеница, плетущая желтый кокон, 4293 полосатых с белыми коконами, 4195 одноцветных с желтыми коконами и 1385 одноцветных с белыми коконами. Определите фенотипы и генотипы гусениц родительского поколения, от которых получены кладка, и окраску их коконов.

ЗАДАЧА 13. Растение дурман с пурпурными цветками (А) и гладкими коробочками (в) скрестили с растением, имеющим пурпурные цветки и колючие коробочки. В потомстве получены следующие фенотипы: с пурпурными цветками и колючими коробочками, с пурпурными цветками и гладкими коробочками, с белыми цветками и колючими коробочками, с белыми цветками и гладкими коробочками. Составьте схему решения задачи. Определите генотипы родителей, потомства, возможное соотношение фенотипов.

ЗАДАЧА 14. У женщины с прямыми волосами и без веснушек оба родителя имеют курчавые волосы и веснушки. Ее муж дигетерозиготен. Составьте схему решения задачи. Определите генотипы родителей, женщины, ее мужа, а также возможные генотипы и фенотипы их детей. Гены не сцеплены.

ЗАДАЧА 15. Скрестили низкорослые (карликовые) растения томата с ребристыми плодами и растения нормальной высоты с гладкими плодами. В потомстве были получены две фенотипические группы растений: низкорослые с гладкими плодами и нормальной высоты с гладкими плодами. При скрещивании растений томата низкорослых с ребристыми плодами с растениями, имеющими нормальную высоту стебля и ребристые плоды, все потомство имело нормальную высоту стебля и ребристые плоды. Составьте схему решения задачи. Определите доминантные и рецессивные признаки, генотипы всех родительских растений томата.

ЗАДАЧА 16. У свиней гены, определяющие черный или рыжий цвет щетины (А – черная щетина, а – рыжая щетина) и длину щетины (В – длинная щетина, в – короткая щетина), находятся в разных парах хромосом. Определите генотипы родителей, генотипы и фенотипы потомства, полученного в результате скрещивания черной особи с длинной щетиной, гетерозиготной только по второму признаку, и рыжей особи с короткой щетиной. Составьте схему решения задачи. Какое потомство можно ожидать от скрещивания потомков F₁ с разными фенотипами между собой?

ЗАДАЧА 17. Ученые обнаружили, что черный однопалый хряк дал от скрещивания с рыжими двупалыми матками потомство, состоящее исключительно из черных однопалых

животных. Скрещивание потомков F1 с рыжими двупалыми матками дало 8 черных однопалых, 9 рыжих однопалых, 11 черных двупалых и 14 рыжих двупалых поросят. Составьте схему решения задачи. Определите генотипы родителей и потомства в F₁ и F₂.

ЗАДАЧА 18. У человека ген вьющихся волос (А) доминирует над геном гладких волос, а глухота является рецессивным признаком (Б). Обе пары генов находятся в разных хромосомах. В семье, где родители хорошо слышали и имели один гладкие волосы, а другой вьющиеся, родился глухой ребенок с гладкими волосами. Их второй ребенок хорошо слышал и имел вьющиеся волосы. Составьте схему решения задачи. Определите генотипы родителей, их родившихся детей и вероятность дальнейшего появления глухих детей с гладкими волосами в семье.

ЗАДАЧА 19. При скрещивании самцов кроликов с белой гладкой шерстью с самками, имеющими черную мохнатую шерсть, в их потомстве получены крольчата с белой мохнатой шерстью и с черной мохнатой шерстью. При скрещивании таких же самцов (с белой гладкой шерстью) с самками, имеющими черную гладкую шерсть, все потомство имело черную гладкую шерсть. Определите доминантные и рецессивные признаки, генотипы всех родительских самцов и самок, генотипы первого поколения от двух скрещиваний.

ЗАДАЧА 20. Известно, что при дигибридном скрещивании во втором поколении происходит расщепление по фенотипу в соотношении 9 : 3 : 3 : 1. Объясните это явление поведением хромосом в мейозе при образовании гамет и при оплодотворении.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ АЛЛЕЛЬНЫХ ГЕНОВ

Необходимо обратить внимание на то, что закономерности Менделя соблюдаются не всегда. Генотип представляет собой целостную систему генов, взаимодействующих друг с другом. Одна из причин нарушений законов Менделя - взаимодействие аллельных генов с неполным доминированием и кодоминированием.

При **неполном доминировании** доминантный ген не полностью подавляет действие рецессивного (а) гена и гибриды F1 имеют промежуточный признак, а расщепление по фенотипу во втором поколении совпадает с расщеплением по генотипу. У человека примерами подобного наследования признаков могут служить: 1) одна из форм цистинурии, когда у рецессивных особей (aa) - камни в почках, а у гетерозиготных особей (Aa) - лишь повышенное содержание цистина в моче; 2) средней величины небные валики; они могут быть выраженными, слабо выраженными и средней степени выраженности; 3) кудрявые и прямые волосы, промежуточный признак - волнистые волосы у гетерозигот (Aa); 4) серповидно-клеточная анемия и другие.

У многих генов известно не два, а три, четыре и более аллельных состояния - это так называемые **множественные аллели**. Группы крови у человека контролируются тремя аллелями (I⁰, I^A, I^B). При этом ген I⁰ является рецессивным, а гены I^A и I^B - равнозначно доминантными. От того, каким образом они сочетаются в генотипе, зависит фенотип человека (группа крови). У человека с генотипом I⁰I⁰ - первая группа крови, на поверхности эритроцитов отсутствуют антигены А и В. У человека с генотипом I^AI^A или I^AI⁰ - вторая группа крови, на поверхности эритроцитов имеется только антиген А. У человека с генотипом I^BI^B и I^BI⁰ - третья группа крови, на поверхности эритроцитов имеется только антиген В. У человека с генотипом I^AI^B - четвертая группа крови, на поверхности эритроцитов имеются оба антигена: А и В. Здесь проявляется взаимодействие аллельных генов по типу **кодоминирования** - гены I^A, I^B равнозначны.

ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

ЗАДАЧА 1. Одна из форм цистинурии наследуется как АР-признак, при этом у гетерозигот наблюдается повышенное содержание цистина в моче, а у гомозигот -

образование цистеиновых камней в моче. Определить формы проявления доминантные гены не подавляют друг друга и оба признака данного заболевания у детей в семье, где один супруг страдает цистинурией, а другой имеет только повышенное содержание цистеина в моче

РЕШЕНИЕ. Сделаем обозначения: aa- цистинурия, Aa - повышенное содержание цистеина, AA - здоровый человек. Составим генотипы родителей: aa x Aa, гаметы первого родителя - a, гаметы второго родителя - A и a, в результате слиянии гамет родителей получаем генотипы детей - Aa и aa (1 : 1). **ОТВЕТ:** В семье возможно с равной вероятностью рождение детей больных цистинурией, а также с повышенным содержанием цистеина.

ЗАДАЧА 2. Наследование серповидно-клеточной анемии происходит по аутосомно-рецессивному типу. Гомозиготы (SS) имеют нормальные эритроциты, и поэтому чувствительны к малярии. Гетерозиготы (Ss) наряду с измененными эритроцитами имеют в крови и нормальные эритроциты. Чувствуют они себя нормально и, как правило, устойчивы к малярии. Гомозиготы (ss) имеют в крови только серповидные эритроциты; заболевание развивается рано и протекает тяжело, большая часть пациентов погибает в первое десятилетие жизни.

Какова вероятность рождения детей, устойчивых и чувствительных к малярии, у гетерозиготных по данному гену родителей.

РЕШЕНИЕ. В задаче сразу дано, что родители гетерозиготны, поэтому генотипы родителей: Ss x Ss. Оба родителя дают по два сорта гамет S и s, тогда при слиянии гамет получим 3 генотипа детей: SS, Ss, Ss, ss (1:2:1). В данном случае расщепление по генотипу совпадает с расщеплением по фенотипу. Дети с генотипом SS (25%) имеют нормальные эритроциты, но могут погибнуть от малярии, дети с генотипом ss (25%) погибают от анемии. а 50% с генотипом Ss - имеют измененные по форме эритроциты и устойчивы к малярии. В связи с тем, что малярия очень распространенное заболевание, одна треть всех коренных жителей Африки являются носителями гена.

ЗАДАЧА 3. Ген курчавых вьющихся волос доминирует над геном прямых волос. Однако, у гетерозигот волосы некурчавые, а волнистые. Веснушчатость является аутосомным полностью доминантным геном. Какова вероятность появления веснушчатого ребенка с прямыми волосами в семье, в которой мать гетерозиготна, имеет прямые волосы и веснушки, а отец- волнистые волосы и без веснушек?

РЕШЕНИЕ. Сделаем обозначения: A- вьющиеся волосы, a— прямые волосы, Aa - волнистые волосы, B- веснушки, b - нет веснушек. Составим генотипы родителей; мать - aaBb, отец - AaBb. Определим гаметы и запишем в решетку Пиннета, запишем генотипы и фенотипы детей.

ГАМЕТЫ	aB	ab
Ab	AaBb - волнистые волосы, веснушки	aaBb - волнистые волосы, без веснушек
ab	aaBb - прямые волосы, веснушки	aabb, прямые волосы, без веснушек

ОТВЕТ: вероятность появления ребенка с прямыми волосами и веснушками – 25%

ЗАДАЧА 4. Красная окраска ягоды земляники (A) неполно доминирует над белой, а нормальная чашечка (B) неполно доминирует над листовидной. Гены располагаются в разных хромосомах. Определите тип скрещивания, генотипы родителей, а также генотипы и фенотипы потомства, полученного от скрещивания растения земляники с розовыми ягодами и промежуточной формой чашечки, с растением, имеющим красные ягоды и листовидную чашечку. Составьте схему решения задачи.

РЕШЕНИЕ. В этой задаче дано 2 признака и по обоим признакам неполное доминирование. Мы знаем, что это взаимодействие между аллельными генами, когда гетерозигота имеет промежуточный фенотип и расщепление по генотипу совпадает с

расщеплением по фенотипу. Проверим. Прежде всего сделаем обозначения Дано: А – красная, а – белая, Аа – розовая, В- нормальная чашечка, в- листовидная, Вв- промежуточная. Оба родителя – розовые с промежуточной чашечкой, значит АаВв. В задаче сказано, что гены располагаются в разных хромосомах, значит это независимое наследование по законам Менделя. Составим схему задачи. Генотипы родителей: АаВв (мужск) х АаВв (женск), они дают следующие гаметы:

<i>G:</i>	<i>AB</i>	<i>Av</i>	<i>aB</i>	<i>av</i>
<i>AB</i>	ААВВ- кр, норм	ААВв-кр, промеж	АаВВ-роз, нормал	АаВв-роз, промеж
<i>Av</i>	ААВв-кр, промеж	ААвв-кр, листов	АаВв-роз, промеж	Аавв-роз, листов
<i>aB</i>	АаВВ-роз, норм	АаВв-роз, промеж	ааВВ-бел, нормал	ааВв- бел, промеж
<i>av</i>	АаВв-роз, промеж	Аавв-роз, листов	ааВв-бел, промеж	аавв-бел, листов

ОТВЕТ: тип скрещивания – дигибридное, тип наследования -независимое с неполным доминированием, расщепление по генотипу и фенотипу совпадает: 9 генотипов = 9 фенотипов в соотношении 1:2:1:2:4:2:1:2:1

ЗАДАЧА 5. Родители гетерозиготны, имеют 2 и 3 группы крови. Какие группы крови можно ожидать у их детей? **РЕШЕНИЕ.** Если родители гетерозиготны, то их генотипы будут: $I^A I^0$ х $I^B I^0$. При мейозе гомологичные хромосомы расходятся в разные гаметы, Запишем гаметы и генотипы детей для наглядности в решетку Пеннета, проставим фенотипы:

ГАМЕТЫ	I^A	I^0
I^B	$I^A I^B$ - четвертая	$I^B I^0$ - третья
I^0	$I^A I^0$ - вторая	$I^0 I^0$ -первая

ЗАДАЧА 6. У мальчика I группа крови, а у его сестры IV определить группы крови их родителей.

РЕШЕНИЕ. Если у мальчика I группы крови, то у него генотип $I^0 I^0$, если у сестры IV группа крови, то у нее генотип $I^A I^B$, тогда, если учесть, что один ген дети получают от папы, а другой от мамы, у родителей будут генотипы: $I^A I^0$ х $I^B I^0$ **ОТВЕТ:** генотипы родителей - $I^A I^0$ х $I^B I^0$.

ЗАДАЧА 7. Мужчина гетерозиготный резус положительный и со второй группой крови женится на резус -отрицательной с первой группой крови женщине. Каких детей можно ожидать от этого брака? В каком проценте случаев возможен резус-конфликт?

РЕШЕНИЕ. Обозначим гены: R- резус-положительность, r - резус-отрицательность; I^A – ген белка А ; I^0 отсутствия в эритроцитах белков А и В. Генотип мужчины - Rr $I^A I^0$, генотип женщины - rr $I^0 I^0$. Генотипы и фенотипы детей будут:

ГАМЕТЫ	R I^A	R I^0	r I^A	r I^0
R I^0 отца	Rr $I^A I^0$ Резус +, II(A)	Rr $I^0 I^0$ Резус +, I(O)	rr $I^A I^0$ Резус -, II(A)	rr $I^0 I^0$ Резус -, I(O)

ОТВЕТ: резус-конфликт возникает между резус-отрицательной матерью и резус-положительным плодом. Двое из четырех детей резус-положительные, значит вероятность резус - конфликта- 50%.

ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

ЗАДАЧА 1. У человека неполное доминирование проявляется при наследовании структуры волос. Ген курчавых волос доминирует над геном прямых волос не в полной мере. И у гетерозигот наблюдается промежуточное проявление признака - волнистые волосы. Определить какие волосы будут у детей, чья мать имела волнистые волосы, а отец прямые.

ЗАДАЧА 2. Брахидактилия – укорочение фаланг пальцев, наследуется как признак с неполным доминированием, он наблюдается у гетерозиготных по данному гену людей. Доминантные гомозиготы здоровы, у рецессивных гомозигот проявляются множественные нарушения в развитии скелета, и они погибают в раннем детстве. Какова вероятность рождения здоровых детей в семье, где оба родителя имеют брахидактилию?

ЗАДАЧА 3. Талассемия наследуется как не полностью доминантный аутосомный признак. У гомозигот заболевание приводит к смерти в раннем детском возрасте, у гетерозигот заболевание проходит в относительно легкой форме. В семье, где оба родителя страдали легкой формой талассемии и имели волнистые волосы, родилось двое здоровых детей, один из которых имел гладкие волосы, а второй – курчавые. Определите вероятность гибели детей в этой семье, возможные генотипы родившихся детей. Ген курчавых волос неполно доминирует над геном прямых волос.

ЗАДАЧА 4. При скрещивании растения Ночной красавицы с красными цветками и того же растения с белыми цветками получаются растения с розовыми цветками. Определите соотношение фенотипических классов 160 растений, полученных при скрещивании двух сортов с розовыми цветками.

ЗАДАЧА 5. Красная окраска ягоды земляники (А) неполно доминирует над белой, а нормальная чашечка (В) неполно доминирует над листовидной. Гены располагаются в разных хромосомах. Определите тип скрещивания, генотипы родителей, а также генотипы и фенотипы потомства, полученного от скрещивания растения земляники с розовыми ягодами и промежуточной формой чашечки, с растением, имеющим белые ягоды и листовидную чашечку. Составьте схему решения задачи.

ЗАДАЧА 6. У резус-положительных родителей с третьей группой крови родился резус-отрицательный ребенок с I группой крови. Определите генотипы родителей и возможные генотипы всех детей по группе крови и резус-фактору (Наличие резус-фактора – доминантный признак).

ЗАДАЧА 7. Возможно ли переливание крови от брата к сестре, если их родители гомозиготны со II и III группами крови?

ЗАДАЧА 8. В родильном доме перепутали двух мальчиков. Родители одного из них имеют I и II группы крови, родители другого - II и IV. Исследование показало, что дети имеют I и IV группы крови. Определить, кто чей сын.

ЗАДАЧА 9. У двух кареглазых родителей родилось четверо детей. Двое из них имели I и IV группы крови и голубые глаза, а двое других были кареглазые со II и III группами крови. Определить вероятность рождения следующего ребенка с карими глазами и I группой крови.

ЗАДАЧА 10. Мужчина, родители которого имели I и IV группы крови, женился на женщине с III группой. От этого брака родилось трое детей – с I, II и IV группами крови. Какую группу крови имел их отец и возможно ли рождение в этой семье ребенка с III группой?

ЗАДАЧА 11. Женщина с резус-отрицательной кровью IV группы вышла замуж за мужчину с резус-положительной кровью III группы, у отца которого была резус-отрицательная кровь I группы. У них родилось двое детей: резус-отрицательный с III группой крови и резус-положительный с I группой крови. Судебно-медицинская экспертиза установила, что один из этих детей – внебрачный. По какому признаку можно исключить отцовство?

ЗАДАЧА 12. Голубоглазый мужчина (АР- признак) с III группой крови вступает в брак с кареглазой женщиной с IV группой крови. Могут ли у них быть голубоглазые дети со II группой крови?

ЗАДАЧА 13. У отца четвертая группа крови и отрицательный резус, у матери - первая группа и положительный резус (гомозигота). Определите генотипы родителей, возможные группы крови, резус- фактор и генотипы детей. Составьте схему решения задачи. Объясните полученные результаты. Какой закон наследственности проявится в этом случае?

ЗАДАЧА 14. У двух кареглазых родителей родилось четверо детей. Двое из них имели I и IV группы крови и голубые глаза, а двое других были кареглазые со II и III группами крови. Определить вероятность рождения следующего ребенка с карими глазами и I группой крови.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ НЕАЛЛЕЛЬНЫХ ГЕНОВ

Многие признаки организмов детерминируются не одним геном, а несколькими неаллельными генами, взаимодействующими друг с другом. Например, появление двух фенотипов в соотношении 9 : 7, указывает на взаимодействие по типу **комплементарность**, когда для развития признака необходимо присутствие двух доминантных неаллельных генов. По этому типу взаимодействия генов у человека наследуется слух.

Еще один вариант взаимодействия неаллельных генов - **полимерия** (полигенное наследование признака). Развитие одного признака в этом случае обусловлено многими генами, каждый из которых сам по себе оказывает слабое воздействие, а вместе они обеспечивают сильную степень проявления признака. Полимерное наследование характерно для количественных признаков, при этом как бы суммируется действие всех аллелей на степень проявления признака. Полимерные гены принято обозначать одной буквой латинского алфавита с указанием цифрового индекса – $A_1A_2A_3$ или $a_1a_2a_3$. Таким образом, у человека наследуются цвет кожи, масса тела, рост, артериальное давление и т.д.

Неаллельные гены могут взаимодействовать между собой по типу **эпистаза**. В этом случае ген одной аллельной пары подавляет собой действие генов другой пары. Эпистатический (подавляющий) ген может быть как доминантным, так и рецессивным. Примером рецессивного эпистаза является «бомбейский феномен» при наследовании групп крови у человека.

Генотип человека представляют как совокупность генов взаимно влияющих друг на друга. Бывает так, что один ген определяет развитие сразу нескольких признаков. Широко известен пример, когда ген рыжих волос у человека одновременно отвечает за развитие веснушек и светлой кожи. У птиц, имеющих длинные ноги, всегда длинная шея. Такое взаимодействие называется **плейотропия** – моногенное наследование сразу нескольких признаков.

ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

ЗАДАЧА 1. У человека нормальный слух обусловлен двумя доминантными неаллельными генами Д и Е. Ген Д определяет развитие улитки, а ген Е - развитие слухового нерва. В брак вступают мужчина и женщина слышащие и дигетерозиготные по обоим парам генов. Какова вероятность рождения глухих детей в этой семье?

РЕШЕНИЕ: Дигетерозиготные родители, слышащие, имеют генотипы -Р: ДдЕе x ДдЕе. Согласно третьему закону Менделя, расщепление в данном случае будет 9 Д-Е- : 3Д-е- : 3ддЕ- : 1ддее. Обладатели двух доминантных генов Д и Е в генотипе будут хорошо слышать (таких будет 9 из 16), а остальные потомки, у которых хотя бы один доминантный ген отсутствует, будут глухими (таких будет 7 из 16).Схема задачи:

Р: ДдЕе x ДдЕе.

Гаметы	ДЕ	Дe	дЕ	де
ДЕ	ДДЕЕ - слыш	ДДЕе- слыш	ДдЕЕ- слыш	ДдЕе- слыш

Де	ДДЕе- слыш	ДДее – глухой	ДдЕе- слыш	Ддее- глухой
дЕ	ДдЕЕ- слыш	ДдЕе- слыш	ддЕЕ- глухой	ддЕе- глухой
де	ДдЕе- слыш	Ддее- глухой	ддЕе- глухой	ддее- глухой

ОТВЕТ: вероятность рождения глухих детей_ в этой семье – 7 из 16.

ЗАДАЧА 2. Существует два вида наследственной слепоты, каждый из которых определяется рецессивными аллелями генов (а или b). Оба аллеля находятся в различных парах гомологичных хромосом. Какова вероятность рождения слепого внука в семье, в которой бабушки поматеринской и отцовской линиям дигомозиготны и страдают различными видами слепоты, а оба дедушки хорошо видят (не имеют рецессивных генов). Составьте схему решения задачи. Определите генотипы и фенотипы бабушек и дедушек, их детей и возможных внуков.

РЕШЕНИЕ. Бабушки дигомозиготны и страдают разной слепотой, значит их генотипы: ААbb и aaBB, а оба дедушки не имеют рецессивных генов – ААВВ. В задаче сказано, что гены находятся в разных хромосомах, значит, наследуются независимо – строим гаметы как обычно, без всякого сцепления. Схема:

	Первая семья		Вторая семья
P	(бабушка)ААbb х ААВВ	P	(бабушка)aaBB х ААВВ
G	Ab AB	G	aB AB
F1 (дети)	ААBb (дочь- жена)	F1	AaBB (сын- муж)
G	AB, Ab	G	AB, aB
F2 (внуки)	ААВВ, АаВВ, ААBb, АаBb генотипы разные 1:1:1:1, фенотип один – все дети (внуки) слышащие. Это взаимодействие неаллельных генов - комплементарность, когда два гена А и В дополняют друг друга и признак (слух) проявляется. При отсутствии одного из доминантных генов признак не проявляется (бабушки были глухие).		

ЗАДАЧА 3. Предположим, что рост человека как количественный признак, определяется двумя неаллельными генами. Максимальный рост при генотипе $A_1A_1A_2A_2$ примем за 180 см, минимально низкий $a_1a_1a_2a_2$ за 160 см. Какими будут дети от брака мужчины и женщины со средним ростом 170 см.

РЕШЕНИЕ: Человек со средним ростом имеет генотип $A_1a_1A_2a_2$. Схема задачи будет выглядеть так: P: $A_1a_1A_2a_2$ х $A_1a_1A_2a_2$

ГАМЕТЫ	A_1A_2	A_1a_2	a_1A_2	a_1a_2
A_1A_2	$A_1A_1A_2A_2$ 180 см	$A_1A_1A_2a_2$ 175 см	$A_1a_1A_2A_2$ 175 см	$A_1a_1A_2a_2$ 170 см
A_1a_2	$A_1A_1A_2a_2$ 175 см	$A_1A_1a_2a_2$ 170 см	$A_1a_1A_2a_2$ 170 см	$A_1a_1a_2a_2$ 165 см
a_1A_2	$A_1a_1A_2A_2$ 175 см	$A_1a_1A_2a_2$ 170 см	$a_1a_1A_2A_2$ 170 см	$a_1a_1A_2a_2$ 165 см

a_1a_2	$A_1a_1A_2a_2$ 170 см	$A_1a_1a_2a_2$ 165 см	$a_1a_1A_2a_2$ 165 см	$a_1a_1a_2a_2$ 160 см
----------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

ОТВЕТ: анализ по фенотипу таков: 1 ребенок с ростом 180 см, 4 ребенка с ростом 175 см, 6 детей с ростом 170 см, 4 ребенка с ростом 165 см, 1 ребенок с ростом 160 см. Получили расщепление по фенотипу 1:4:6:4:1

ЗАДАЧА 4. Сущность рецессивного эпистаза под названием «бомбейский феномен» заключается в том, что у людей гомозиготных по рецессивному гену kk , подавляется фенотипическое проявление всех аллелей, отвечающих за группы крови АВО. Человек с генами kk фенотипически будет всегда иметь первую группу крови. Определите, какие группы крови будут иметь дети от брака мужчины и женщины с 4 группами крови и гетерозиготные по гену k .

Составим схему решения задачи: $P: KkI^A I^B \times KkI^A I^B$

ГАМЕТЫ	KI^A	KI^B	kI^A	kI^B
KI^A	$KKI^A I^A$ 2 группа	$KKI^A I^B$ 4 группа	$KkI^A I^A$ 2 группа	$KkI^A I^B$ 4 группа
KI^B	$KKI^A I^B$ 4 группа	$KKI^B I^B$ 3 группа	$KkI^A I^B$ 4 группа	$KkI^B I^B$ 3 группа
kI^A	$KkI^A I^A$ 2 группа	$KkI^A I^B$ 4 группа	$kkI^A I^A$ эпистаз 1 группа	$kkI^A I^B$ эпистаз 1 группа
kI^B	$KkI^A I^B$ 4 группа	$KkI^B I^B$ 3 группа	$kkI^A I^B$ эпистаз 1 группа	$kkI^B I^B$ эпистаз 1 группа

ОТВЕТ: 3 ребенка с 2 группой, 3 ребенка с 3 группой, 6 детей с 4 группой, 4 ребенка с 1 группой (в результате рецессивного эпистаза).

ЗАДАЧА 5. При скрещивании двух разных сортов белого душистого горошка полученные семена дают растения с фиолетовыми цветками. Окраска цветков образуется тогда, когда в генотипе растения присутствует одновременно два доминантных гена C и P . Какое потомство будет получено в F_2 , если растение с фиолетовыми цветками (F_1) будет размножаться самоопылением?

РЕШЕНИЕ. Признак один – окраска цветка, но за него отвечает два гена C и P , значит это взаимодействие неаллельных генов – комплементарность. Сделаем обозначения Дано: C – фиолетовый, c – белый, P – фиолетовый, p – белый. Сорта – это чистые линии, гомозиготные организмы. Поскольку сорта разные, но оба белые, значит их генотипы: $CCpp$ и $ccPP$. Составим схему задачи. В F_1 наблюдается единообразие – все гибриды фиолетовые.

При скрещивании гибридов F_1 (самоопыление) каждый родитель дает по 4 сорта гамет, получается 16 гибридов с расщеплением по фенотипу 9:7.

P_1 $CCpp$ (белые) \times $ccPP$ (белые)
 G Cp cp
 F_1 $CcPp$ (фиолетовые)

$G:$	CP	Cp	cP	cp
CP	$CCPP$ – фиол	$CCPp$ – фиол	$CcPP$ – фиол	$CcPp$ – фиол
Cp	$CCPp$ – фиол	$CCpp$	$CcPp$ – фиол	$Ccpp$
cP	$CcPP$ – фиол	$CcPp$ – фиол	$ccPP$	$ccPp$

	фиол	фиол		
<i>ср</i>	СсРр- фиол	Ссрр	ссРр	Ссрр
F2	9 фиол : 7 белые			

ОТВЕТ: В F2: 9 – фиолетовых, 7- белых

ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ.

ЗАДАЧА 1. Пигментация кожи человека контролируется несколькими парами несцепленных генов, которые взаимодействуют по типу полимерии. Если пренебречь факторами среды и условно ограничиться лишь двумя парами генов, то наиболее крайние случаи — европеоиды и африканские негры — будут иметь следующие генотипы: $a_1a_1a_2a_2$ и $A_1A_1A_2A_2$; потомки первого поколения от смешанных браков — $A_1a_1A_2a_2$ (мулаты). Рассчитайте вероятность рождения белых детей и негров в браке дигетерозиготных мулатов.

ЗАДАЧА 2. Ася и Аня – однойцевые близнецы, а Ваня и Вася вступают в брак с однойцевыми близнецами. Ваня женился на Ане, а Вася – на Асе. В обеих семьях родилось по одному мальчику. Будут ли мальчики похожи друг на друга как однойцевые близнецы?

ЗАДАЧА 3. При комплементарном взаимодействии генов С и Р у цветков проявляется фиолетовая окраска. Какое соотношение по фенотипу можно ожидать у гибридов, полученных при анализирующем скрещивании дигетерозиготного потомства F1.

ЗАДАЧА 4. Уши кролика породы Баран имеют длину 30 см, у других пород — 10 см. Различия в длине ушей зависят от двух генов с однозначным действием. Генотип кроликов-баранов — $L_1L_1L_2L_2$, генотип обычных кроликов — $l_1l_1l_2l_2$. Определите длину ушей кроликов в F₁ и у всех возможных генотипов в F₂.

ЗАДАЧА 5. Оба родителя глухие, а их дети в F₁ с нормальным слухом. Дайте генетическое объяснение. Определите вероятность рождения слышащих внуков в этой семье, если их сын женится на такой же, как он сам женщине.

ЗАДАЧА 6. У человека цвет кожи определяется двумя генами, при этом, чем больше доминантных аллелей в генотипе человека, тем темнее кожа. Если два мулата будут иметь детей, то с какой вероятностью можно среди их детей ожидать негров? белых?

ЗАДАЧА 7. Цветовые вариации в окраске лошадей определяются различными сочетаниями аллелей трех генов:

aBE — гнедая; ABE — саврасая; Abe — соловая; aBe — бурая;
 Abe — рыжая; ABe — буланая; Ave — мышастая; aBe — буланая.

При скрещивании соловой и буланой лошадей родился рыжий жеребенок. Какие жеребята еще могут появиться у этой пары?

ЗАДАЧА 8. У лука ген R определяет красную окраску чешуй, а ген r – желтую. Любая окраска проявляется только при наличии в генотипе доминантного гена С, при его отсутствии чешуи имеют белую окраску. Определить генотипы исходных форм луковиц с белыми и красными чешуями, если все гибридные луковицы имели красную окраску чешуй.

ЗАДАЧА 9. Одна из пород кур отличается укороченными ногами (такие куры не разрывают огороды). Признак этот доминирующий. Управляющий им ген вызывает одновременно также и укорочение клюва (моногенное наследование нескольких признаков). При этом у гомозиготных цыплят клюв так мал, что они не в состоянии пробить яичную скорлупу и гибнут, не вылупившись из яйца. В инкубаторе хозяйства, разводящего только коротконогих кур, получено 3000 цыплят. Сколько среди них коротконогих?

СЦЕПЛЕННОЕ НАСЛЕДОВАНИЕ

Число генов у каждого организма гораздо больше числа хромосом. Следовательно, в одной хромосоме расположено много генов. Т.Морган и его ученики установили, что гены,

расположенные в одной хромосоме, наследуются совместно, или сцепленно. Группы генов, расположенные в одной хромосоме, называют **группами сцепления**.

Гомологичные хромосомы в процессе мейоза перекрещиваются и обмениваются участками. Частота перекреста между двумя сцепленными генами зависит от расстояния между ними.

Чем ближе расположены гены в хромосоме, тем теснее сцепление и тем реже они разделяются при перекресте. Следовательно, о расстоянии между генами в хромосоме можно судить по вероятной частоте кроссинговера. Это правило используется для построения хромосомных карт у сельскохозяйственных растений и животных. Генетические карты хромосом человека применяются для диагностики ряда тяжелых наследственных заболеваний.

На сцепленное наследование указывает обычно меньшее количество фенотипов у потомства или отсутствие менделевских статистических закономерностей.

ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

ЗАДАЧА 1. Скрестили дигетерозиготных самцов мух-дрозофил с серым телом и нормальными крыльями (признаки доминантные) с самками с черным телом и укороченными крыльями (рецессивные признаки). Определите генотипы родителей, а также возможные генотипы и фенотипы потомства F_1 , если доминантные и рецессивные гены данных признаков попарно сцеплены, а кроссинговер у самцов при образовании половых клеток не происходит. Составьте схему решения задачи. Объясните полученные результаты.

РЕШЕНИЕ. В условии сразу дано, что гены сцеплены и кроссинговер не происходит. Можно записать Дано: А- серые, а – черные, В- нормальные, в – укороченные.

Можно составить схему. Так как гены сцеплены и кроссинговер не происходит, то самец даст только 2 гаметы АВ и ав, а самка – один тип гамет ав. У потомства проявляется только два фенотипа в соотношении 1 : 1

P	AaBb (самец) x (самка) aabb
G	AB, ав ав
F ₁	AaBb, aabb
	1:1

ОТВЕТ: 1) генотипы родителей: aabb (гаметы: ab) и AaBb (гаметы: AB, ab); 2) генотипы потомства: 1 AaBb – серое тело, нормальные крылья и 1 aabb – черное тело укороченные крылья;

ЗАДАЧА 2. Скрестили самцов мухи дрозофилы с серым телом и нормальными крыльями и самок с черным телом и укороченными крыльями. В первом поколении все особи были единообразными с серым телом и нормальными крыльями. При скрещивании полученных гибридных самцов с самками с черным телом и укороченными крыльями в потомстве получено 50% с серым телом и нормальными крыльями, 50% с черным телом и укороченными крыльями. Составьте схему решения задачи.

РЕШЕНИЕ. По фенотипу первого поколения определяем доминантные признаки. Дано: А-серое тело, а- черное тело, В- нормальные крылья, в – укороченные крылья. Составим схему задачи для F_1 . Затем напишем P_2 . А вот дальше надо подумать. В задаче ничего не сказано о том, как наследуются гены независимо или сцеплено. Рассуждаем, что при независимом наследовании должно быть 4 типа детей (1:1:1:1). А в задаче в F_2 появляется только 2 типа детей. Это означает, что самец дал только 2 сорта гамет (AB, ав). Делаем вывод о том, что гены А и В сцеплены. Тогда схема задачи выглядит следующим образом:

P ₁	ААВВ(самец) x аавв(самка)
F ₁	AaBb – 100% серые

	инормальные
P ₂	AaBb (самец) x aabb (самка)
G	AB, ab ab
F ₂	AaBb, aabb
	1:1

ЗАДАЧА 3. Скрестили самцов мух дрозофил с серым телом и нормальными крыльями с самками с черным телом и укороченными крыльями. В первом поколении все особи были единообразными с серым телом и нормальными крыльями. При скрещивании полученных гибридов между собой появилось 75% особей с серым телом и нормальными крыльями и 25% с черным телом и укороченными крыльями. Составьте схему решения задачи. Определите генотипы родителей и потомства F₁ и F₂. Объясните характер наследования признаков.

РЕШЕНИЕ. По первому поколению определяем доминантные признаки. Дано: А- серые, а- черные, В- нормальные крылья, в- укороченные крылья. Можно составить схему для первого скрещивания. Эта задача отличается тем, что второе скрещивание проводится между гибридами F₂. Рассуждаем: при независимом наследовании каждый родитель должен дать по 4 гаметы и расщепление среди 16 потомков должно быть 9:3:3:1 (4 фенотипа). А в задаче не так. Появляется только 2 фенотипа в соотношении 3:1. Это указывает на то, что это не независимое расщепление, как у Менделя, а сцепленное наследование, когда гамет образуется меньше из-за сцепления. Результат расщепления в F₂ : 75% на 25% может получиться только в том случае, если гибриды первого поколения дают только по 2 гаметы, а это возможно если гены А и В сцеплены.

P ₁	AABB(самец) x aabb(самка)
F ₁	AaBb – 100% серые инормальные
P ₂	AaBb (самец) x AaBb (самка)
G	AB, ab AB,ab
F ₂	AABB, AaBb, AaBb, aabb
	3:1

ОТВЕТ: Это сцепленное наследование.

ЗАДАЧА 4. При скрещивании растения кукурузы с гладкими окрашенными семенами с растением, имеющим морщинистые неокрашенные семена (гены сцеплены), потомство оказалось с гладкими окрашенными семенами. При дальнейшем анализирующем скрещивании гибрида из F₁ получены растения с семенами: 7115 с гладкими окрашенными, 7327 с морщинистыми неокрашенными, 218 с морщинистыми окрашенными, 289 с гладкими неокрашенными. Составьте схему решения задачи. Определите генотипы родителей, потомства F₁, F₂. Какой закон наследственности проявляется в F₂?

РЕШЕНИЕ. Доминантные признаки: А – гладкие, В- окрашенные семена, т.к. в первом поколении получили все семена - гладкие и окрашенные. В условии задачи сказано, что гены сцеплены. Т.к. при образовании второго поколения проводится анализирующее скрещивание, значит полученные гибрид (AB//ab) скрещивают с ab//ab.

В F₂ проявляется закон сцепленного наследования. В потомстве получается больше особей с генотипами родителей и небольшая часть со смешанными признаками, что говорит о том, что произошел кроссинговер.

P ₁	AABB(самец) x aabb(самка)
F ₁	AaBb – 100% серые и нормальные

P ₂	AaBb (самец) х aabb (самка)
G	AB, ab – сцепленные ab Ab, aB - кроссинговерные
F ₂	AaBb, aabb, Aabb, aaBb
	7115 7325 289 218

ЗАДАЧА 5. Особь имеет генотип BbCc, причем кроссинговер между генами BиC составляет 20%. Какие типы гамет и в каком процентном соотношении может образовывать данная особь, если доминантные гены B и C находятся в одной хромосоме?

РЕШЕНИЕ. Количество некроссинговерных гамет BC и bc будет 80%, т.е. по 40% на каждого сорта гамет (BC=bc=40%), на кроссинговерные гаметы Bc и bC, соответственно, приходится по 10% на каждую.

ЗАДАЧА 6. Катаракта и полидактилия у человека обусловлены доминантными аутосомными тесно сцепленными генами, т.е. не образующими кроссинговер. Какое потомство можно ожидать в семье у родителей, гетерозиготных по обоим признакам, если известно, что матери обоих супругов страдали только катарактой, а отцы только полидактилией?

РЕШЕНИЕ. Сделаем обозначения: А- катаракта, В- полидактилия. Они находятся в одной хромосоме. Известно, что родители гетерозиготны, значит генотипы родителей: АаВв х АаВв, но ген А они получили с хромосомой матери, значит ее хромосома была АВ. Ген полидактилии В они получили от отца, значит его хромосома была аВ. Поскольку, в задаче оговорено, что гены тесно сцеплены, значит, каждый из родителей дает только 2 сорта гамет: АВ и аВ (кроссинговерных гамет нет). Генотипы и фенотипы детей будут:

ГАМЕТЫ	АВ	аВ
АВ	ААВВ - катаракта	АаВВ катаракта и полидактилия
аВ	АаВВ - катаракта и полидактилия	ааВВ - полидактилия

ОТВЕТ: В данной семье вероятность рождения детей только с катарактой равна 25%, только с полидактилией – 25%, одновременно с двумя аномалиями- 50%.

ЗАДАЧА 7. Гены А, В, Д сцеплены. Расстояние между генами А и Д – 5 морганид, между генами В и Д – 6 морганид, а между А и В – 11 морганид. Постройте карту хромосомы. **РЕШЕНИЕ.** Гены сцеплены, значит, находятся в одной хромосоме, располагаются следующим образом:

А _____ Д _____ В
 5 морганид 6 морганид

ЗАДАЧА 8. У человека резус-фактор сцеплен с геном, определяющим форму эритроцитов, и находится от него на расстоянии трех морганид. Резус-фактор и эллиптоз (эритроциты эллиптической формы) определяются доминантными аутосомными генами. Один из супругов гетерозиготен по обоим признакам. Резус-положительность он унаследовал от одного родителя, эллиптоз – от другого. Второй супруг резус-отрицателен и имеет нормальные эритроциты. Определить процентное соотношение вероятных генотипов и фенотипов детей в этой семье.

РЕШЕНИЕ, Сделаем обозначения: А- резус+, В- эллиптоз. Один из супругов – дигетерозиготен. Поскольку, он получил одно заболевание от отца, а другое – от матери, значит, в одной хромосоме у него гены АВ, а в другой – гены аВ. Такие гаметы (некроссинговерные) образуются с частотой 97%. Еще у него образуется 3% кроссинговерных гамет: АВ и ав. Второй супруг дает гаметы одного орта ав. Соотношение генотипов и фенотипов у детей будет:

P: АаВв х аавв

ГАМЕТЫ	Ав	аВ	АВ	ав
Ав	Аавв – резус+, здоровый	ааВв – резус-, больной	АаВв – резус+, больно й	Аавв – резус-, здоровы й
Соотноше ние	97%		3%	

ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ.

ЗАДАЧА 1. У мух дрозофил гены, определяющие окраску тела и длину крыльев, сцеплены, причем серое тело и длинные крылья доминируют над черным телом и редуцированными крыльями. Гетерозиготного серого самца с длинными крыльями скрестили с черной самкой, имеющие редуцированные крылья. Определите (в %) ожидаемое в потомстве количество черных мух дрозофил с редуцированными крыльями, учитывая, что при образовании гамет кроссинговер не происходит.

ЗАДАЧА 2. У мух дрозофил гены, определяющие окраску тела и длину крыльев, сцеплены, причем серое тело и длинные крылья доминируют над черным телом и редуцированными крыльями. Гетерозиготного серого самца с длинными крыльями скрестили с черной самкой, имеющие редуцированные крылья. Определите (в %) ожидаемое в потомстве количество серых мух дрозофил с редуцированными крыльями, учитывая, что при образовании гамет кроссинговер не происходит.

ЗАДАЧА 3. У мух дрозофил гены, определяющие окраску тела и длину крыльев, сцеплены, причем серое тело и длинные крылья доминируют над черным телом и редуцированными крыльями. Гетерозиготную серую самку с длинными крыльями скрестили с черным самцом, имеющим редуцированные крылья. Сколько фенотипов можно ожидать в потомстве, учитывая, что при образовании гамет у самки происходит кроссинговер.

ЗАДАЧА 4. При скрещивании серых дрозофил с нормальными крыльями и гетерозиготных по двум признакам (указанные гены у них сцеплены) с черными дрозофилами, обладающими зачаточными крыльями, получено в потомстве 40% серых с нормальными крыльями, 10% черных с нормальными крыльями, 40% черных с зачаточными крыльями и 10% серых с зачаточными крыльями дрозофил. Объясните результаты скрещивания, составьте схему задачи, определите расстояние между генами.

ЗАДАЧА 5. У дрозофилы ген красных глаз доминирует над геном белых глаз, а ген длинных крыльев — над геном укороченных крыльев. Дигетерозиготных самок скрестили с самцами, имевшими белые глаза и короткие крылья. В потомстве оказалось 511 мух с красными глазами и длинными крыльями, 499 — с красными глазами и укороченными крыльями, 504 — с белыми глазами и длинными крыльями, 509 — с белыми глазами и укороченными крыльями. Объясните результаты скрещивания, составьте схему задачи, определите расстояние между генами.

ЗАДАЧА 6. У кукурузы доминантные гены коричневой окраски (А) и гладкой формы (В) семян сцеплены друг с другом и находятся в одной хромосоме, рецессивные гены белой окраски и морщинистой формы семян (также сцеплены) — в гомологичной ей. При скрещивании растений с коричневыми гладкими семенами с растениями с белой окраской и морщинистыми семенами было получено 4002 семени коричневых гладких и 3998 семян белых морщинистых, а также 305 белых гладких и 300 коричневых морщинистых семян кукурузы. Определите генотипы родительских растений кукурузы и ее потомства. Обоснуйте появление двух групп особей с отличными от родителей признаками.

ЗАДАЧА 7. При скрещивании серых дрозофил с нормальными крыльями и гетерозиготных по двум признакам (указанные гены у них сцеплены) с черными

дрозофилами, обладающими зачаточными крыльями, получено в потомстве 40% серых с нормальными крыльями, 10% черных с нормальными крыльями, 40% черных с зачаточными крыльями и 10% серых с зачаточными крыльями дрозофил. Объясните результаты скрещивания, составьте схему задачи, определите расстояние между генами.

ЗАДАЧА 8. При скрещивании самок мух дрозофил с серым и нормальным крыльями (доминантные признаки) с самцами с черным телом и укороченными крыльями (рецессивные признаки) в потомстве были обнаружены не только особи с серым телом, нормальными крыльями и черным телом, укороченными крыльями, но и небольшое число особей с серым телом, укороченными крыльями и черным телом, нормальными крыльями. Определите генотипы родителей и потомства, если известно, что доминантные и рецессивные гены данных признаков попарно сцеплены. Составьте схему скрещивания. Объясните полученные результаты.

ЗАДАЧА 9. У растения томата гены нормальной высоты сцеплены с округлой формой плодов, а гены карликовости – с овальной формой плодов. Скрестили растения с нормальной высотой и округлой формой плодов с карликовым растением и овальной формой плодов. В первом поколении все растения были единообразными и имели нормальную высоту и округлую форму плодов. Полученные гибриды скрестили между собой. Составьте схему решения задачи. Определите генотипы родителей, гибридов первого поколения, генотипы и соотношение фенотипов гибридов второго поколения. Кроссинговер не происходит.

ЗАДАЧА 10. Скрестили дигетерозиготные растения томатов с нормальной высотой стебля (А) и круглыми плодами (В) с растениями, имеющими карликовые стебли и овальные плоды. Гены, отвечающие за нормальную высоту стебля и круглую форму плодов, полностью сцеплены. Составьте схему решения задачи. Определите генотипы родителей, генотипы и фенотипы потомства, вероятность появления в потомстве растений с двумя рецессивными признаками при отсутствии кроссинговера.

ЗАДАЧА 11. Гены А, В, С и Д составляют одну группу сцепления. Расстояние между генами А и Д – 2 морганиды, между генами Д и С – 5,5 морганиды, между генами С и В – 1,5 морганиды, а между генами А и В – 6 морганид. Расположите гены в линейном порядке на одной хромосоме.

ЗАДАЧА 12. Гены А, В, С, Д, Е находятся в одной хромосоме и составляют одну группу сцепления. Расстояние между генами А и С – 2 морганиды, между генами В и С – 7 морганид, между генами В и Е – 3 морганиды, а между генами Д и Е – 5 морганид, между С и Д – 9 морганид, а между А и В – 5 морганид. Составьте карту хромосомы и определите расстояние между генами А и Е, С и Е.

НАСЛЕДОВАНИЕ, СЦЕПЛЕННОЕ С ПОЛОМ

Признаки, развитие которых обусловлено геном, расположенным в половых хромосомах, получили название сцепленных с полом. Признаки преимущественно развиваются у одного из двух полов, и по-разному наследуются у мужчин и женщин.

Признаки, сцепленные с X-хромосомой, могут быть рецессивными и доминантными. К рецессивным относятся: атрофия зрительного нерва, гемофилия, дальтонизм (неспособность различать красный и зеленый цвета). К доминантным — рахит, не поддающийся лечению витамином D, и темная эмаль зубов. Законы передачи признаков, сцепленных с X-хромосомами, были впервые изучены Т. Морганом.

Помимо X-сцепленных, у мужчин имеются Y-сцепленные признаки. Они называются голландрическими и локализованы в тех районах Y-хромосом, которые не имеют аналогов в X-хромосоме. Голландрические признаки выявляются только у мужчин и передаются от отца ко всем сыновьям. К голландрическим признакам относятся: волосатость ушей, перепонки между пальцами ног, некоторые формы ихтиоза (кожа имеет глубокую исчерченность и напоминает рыбу чешую).

ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

ЗАДАЧА 1. Атрофия зрительного нерва наследуется как рецессивный признак (а), сцепленный с X-хромосомой. В семье родители здоровы, но мать жены имела этот дефект. Составьте схему решения задачи, определите генотипы родителей, возможного потомства, пол и вероятность рождения больных детей.

РЕШЕНИЕ. Записываем доминантные и рецессивные гены в X хромосомах: X^a - атрофия зрительного нерва, X^A - норма. Затем составим схему. Оба родителя здоровы, но жена является носителем гена болезни, так как ее мать имела признак атрофии ($X^A X^a$). То, что мать жены имела признак атрофии ($X^A X^a$), обусловило то, что ее дочь является носителем мутантного гена **a** в одной из X хромосом (генотип $X^A X^a$). У каждого родителя возможно по 2 варианта гамет.

P	(жена) $X^A X^a$	(муж) $X^A Y$
G	X^A, X^a	X^A, Y
F ₁	$X^A X^A$ девочка, здоровая (25%) $X^A X^a$ девочка, здоровая, носительница (25%) $X^A Y$ мальчик, здоровый (25%) $X^a Y$ мальчик, больной атрофией (25%)	

ОТВЕТ: Вероятность рождения больных детей – 25% среди всех детей, но это всегда мальчики ($X^a Y$), следовательно, если все мальчики 100%, то только среди мальчиков вероятность составит 50%. Все остальные дети - здоровы, т.е. все родившиеся девочки и 50% мальчиков.

ЗАДАЧА 2. Какова вероятность рождения сына-дальтоника, если известно, что его отец здоров, а мать – дальтоник. Дальтонизм наследуется как рецессивный признак (а), сцепленный с X-хромосомой.

РЕШЕНИЕ. Сделаем обозначения: D – нормальное цветовосприятие, d- дальтонизм. Теперь определим генотипы родителей, их гаметы, генотипы и фенотипы F₁.

P	(жена) $X^D X^d$	(муж) $X^D Y$
G	X^D, X^d	X^D, Y
F ₁	$X^D X^D$ – две девочки, здоровые (50%) $X^d Y$ – два мальчика, больные (50%)	

ОТВЕТ: поскольку в задаче поставлен вопрос о вероятности рождения сына дальтоника, то можно, что в этой семье все сыновья (100%) будут дальтоники

ЗАДАЧА 3. В семье, где оба родителя здоровы, родился сын- гемофилик. Определите генотипы родителей, составьте схему решения задачи, определите вероятность рождения больной дочери. Гемофилия наследуется как рецессивный признак (h), сцепленный с X-хромосомой.

РЕШЕНИЕ. Так как родители здоровы, то у них будут доминантные гены (D), но поскольку, родился больной сын, значит мать была носителем гена болезни. Теперь можно построить схему решения задачи.

P:	(жена) $X^H X^h$	(муж) $X^H Y$
G	X^H, X^h	X^H, Y
F ₁	$X^H X^H$ девочка, здоровая (25%) $X^H X^h$ девочка, здоровая, носительница (25%) $X^H Y$ мальчик, здоровый (25%) $X^h Y$ мальчик, больной гемофилией (25%)	

ОТВЕТ: в этой семье не может родиться больная дочь, все дочери здоровы, но 50% из них носители гена гемофилии.

ЗАДАЧА 4. У кошек признаки черной и рыжей окраски сцеплены с полом и находятся в X-хромосоме, причем черный цвет – доминантный, рыжий – рецессивный, а гетерозиготы имеют черепаховую окраску. Скрестили рыжую кошку с черным котом. Определите (в %) возможное количество черепаховых кошек в потомстве от общего количества самок. **РЕШЕНИЕ.** Сделаем обозначения – X^B - черный цвет, X^b - рыжий цвет, $X^B X^b$ - черепаховый цвет. Теперь можно составить схему решения задачи.

P:	(кошка) $X^b X^b$	(кот) $X^B Y$
G	X^b	X^B, Y
F ₁	$X^B X^b$ – кошечки, черепаховой окраски (50%) $X^b Y$ – коты, рыжей окраски (50%)	

ОТВЕТ: Все котята женского пола будут черепаховыми (100%).

ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

ЗАДАЧА 1. У кошек признаки черной и рыжей окраски сцеплены с полом и находятся в X-хромосоме, причем черный цвет – доминантный, рыжий – рецессивный, а гетерозиготы имеют черепаховую окраску. Скрестили черную кошку с рыжим котом. Определите (в %) возможное количество черепаховых кошек в потомстве от общего количества самок.

ЗАДАЧА 2. От черной кошки родились один черепаховый и несколько черных котят. Определите: 1) фенотип и генотип отца; 2) пол черепахового и черных котят.

ЗАДАЧА 3. Отсутствие потовых желез у человека наследуется как рецессивный признак (а), сцепленный с X-хромосомой. В семье отец и мать здоровы, родился больной ребенок. Составьте схему решения задачи, определите генотипы родителей и больного ребенка, возможного потомства и вероятность рождения здоровых детей – носителей этого гена.

ЗАДАЧА 4. У кур встречается сцепленный с полом летальный ген (а), вызывающий гибель эмбрионов, гетерозиготы по этому гену жизнеспособны. Скрестили нормальную курицу с гетерозиготным по этому гену петухом (у птиц гетерогаметный пол – женский). Составьте схему решения задачи, определите генотипы родителей, пол и генотип возможного потомства и вероятность гибели эмбрионов.

ЗАДАЧА 5. Женщина, у которой нормальный цвет эмали зубов (ген сцеплен с X-хромосомой) вышла замуж за мужчину с темным оттенком эмали зубов. У них родились 4 девочки с темным оттенком эмали зубов и 3 мальчика с нормальным цветом эмали зубов. Составьте схему решения задачи. Определите, какой признак является доминантным, генотипы родителей и потомства (доминантный признак обозначьте А, рецессивный - а).

ЗАДАЧА 6. Атрофия зрительного нерва наследуется как рецессивный признак (а), сцепленный с X-хромосомой. В семье родители здоровы, но мать жены имела этот дефект. Составьте схему решения задачи, определите генотипы родителей, возможного потомства, пол и вероятность рождения больных детей.

ЗАДАЧА 7. Известно, что миопатия Дюшенна, сопровождающаяся дистрофией мышц, наследуется как рецессивный признак (а), сцепленный с X-хромосомой, и может проявляется с возрастом. В молодой семье родилась больная миопатией дочь. Определите генотипы родителей, ожидаемого потомства, пол и вероятность появления потомков, у которых будет отсутствовать ген, вызывающий развитие миопатии.

ЗАДАЧА 8. Какова вероятность рождения сына, страдающего дальтонизмом и гемофилией, если его отец имеет нормальное цветовосприятие и нормальную

свертываемость крови, его мать страдает дальтонизмом, а ее отец (дед ребенка) страдал и гемофилией, и дальтонизмом?

ЗАДАЧА 9. В каком случае у мужчины дальтоника может появиться внук дальтоник, если все остальные члены семьи здоровы?

ЗАДАЧА 10. Гипоплазмия эмали наследуется как доминантный, сцепленный с полом признак. В семье, где оба родителя страдали этой аномалией, родился сын с нормальными зубами. Определите вероятность того, что следующие два ребенка будут с нормальными зубами.

ЗАДАЧА 11. Гипертрихоз определяется геном, лежащим в Y-хромосоме. Какова вероятность рождения ребенка с волосатыми ушами в семье, где отец — гемофилик с гипертрихозом? Рecessивный ген гемофилии находится в X-хромосоме.

ЗАДАЧИ КОМБИНИРОВАННОГО ТИПА

Это задачи повышенной сложности. Они требуют определенных навыков в решении задач из предыдущих разделов и рекомендуются для закрепления всего пройденного материала по закономерностям наследования признаков.

ЗАДАЧА 1. У человека дальтонизм (а) – рецессивный, сцепленный с X-хромосомой признак, глухота – аутосомный, рецессивный признак (b). Мужчина, страдающий дальтонизмом и глухотой, женился на нормальной по зрению и хорошо слышащей женщине. Все дети, рождавшиеся у них, хорошо слышали, но среди мальчиков и девочек встречались дальтоники. Определите генотипы родителей, сыновей-дальтоников и дочерей-дальтоников.

РЕШЕНИЕ. Признаки известны: X^A – здоровый, X^a – дальтонизм, В – нормальный слух, b – глухота. Составим схему. Главное – определить генотипы родителей. С мужчиной все просто – он болен, рецессивный по обоим генам. Женщина здорова, но по первому признаку она гетерозиготна, потому что рождались девочки дальтоники. По второму гену она – гомозиготна (ВВ), потому что все дети хорошо слышали.

P	(муж) X^aYbb	(жена) $X^AX^a BB$
g	bX^A, bY	BX^A, BX^a
F ₁	BbX^AX^a девочка, здоровая, носительница (25%) BbX^aX^a девочка, больная дальтонизмом (25%) BbX^AY мальчик, здоровый (25%) BbX^aY мальчик, больной дальтонизмом (25%)	

Каждый родитель дает по 2 гаметы. При их слиянии образуется 4 генотипа и фенотипа детей.

ЗАДАЧА 2. У канареек ген, определяющий окраску оперения, наследуется сцеплено с полом и находится в X-хромосоме (В- зеленая окраска, b-коричневая). Ген, определяющий наличие или отсутствие хохолка, находится в аутосоме (С - наличие хохолка). Скрестили зеленую самку без хохолка с коричневым самцом без хохолка (у птиц гетерогаметный пол – женский). Составьте схему решения задачи. Определите генотипы родителей, а также генотипы, пол и фенотипы потомства.

РЕШЕНИЕ. Доминантные гены известны. Можно написать Дано: X^B – зеленая, X^b – коричневая, С – наличие хохолка, с- отсутствие хохолка. Теперь надо составить генотипы родителей, учитывая, что у птиц самец – XX, а самка – XY. Построим схему задачи

P	(самка) X^BYcc	(самец) X^bX^bCc
G	X^Bc, Yc	X^bc
F ₁	X^BX^bCc - самец, зеленый, без хохолка (50%) X^bYcc - самка, коричневая, без хохолка (50%)	

ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

ЗАДАЧА 1. У человека имеются четыре фенотипа по группам крови: 1 (0), 2 (A), 3 (B), 4 (AB). Ген, определяющий группу крови, имеет три аллели: $I^A I^B I^0$, причем аллель I^0 является рецессивной по отношению к аллелям I^A и I^B . Гемофилия наследуется сцеплено с полом (X^H – нормальная свертываемость крови, X^h – гемофилия). Родители здоровы, гетерозиготны и имеют вторую и третью группы крови. Составьте схему решения задачи. Определите генотипы родителей и возможного потомства, вероятность рождения в этой семье детей – гемофиликов с первой группой крови.

ЗАДАЧА 2. У человека ген кучерявых волос (A) неполно доминирует над геном гладких волос (a), а темный цвет эмали зубов наследуется как доминантный признак, сцепленный с X-хромосомой. Женщина, у которой нормальный цвет эмали зубов и волнистые волосы вышла замуж за мужчину с темным оттенком эмали зубов и гладкими волосами. Составьте схему решения задачи. Определите генотипы родителей и возможного потомства, фенотипы девочек в этой семье.

ЗАДАЧА 3. У человека ген карих глаз доминирует над голубым цветом глаз (A), а ген цветовой слепоты рецессивный (дальтонизм – d) и сцеплен с X-хромосомой. Кареглазая женщина с нормальным зрением, отец которой имел голубые глаза и страдал цветовой слепотой, выходит замуж за голубоглазого мужчину, с нормальным зрением. Составьте схему решения задачи. Определите генотипы родителей и возможного потомства, вероятность рождения в этой семье детей – дальтоников с карими глазами и их пол.

ЗАДАЧА 4. У человека наследование альбинизма не сцеплено с полом (A – наличие меланина в клетках кожи, a – отсутствие меланина в клетках кожи – альбинизм), а гемофилии – сцеплено с полом (X^H – нормальная свертываемость крови, X^h – гемофилия). Определите генотипы родителей, а также возможные генотипы, пол и фенотипы детей от брака дигомозиготной нормальной по обоим аллелям женщины и мужчины альбиноса, больного гемофилией. Составьте схему решения задачи.

ЗАДАЧА 5. Альбинизм определяется рецессивным аутосомным геном, а гемофилия – рецессивным геном, сцепленным с полом. Женщина-альбинос, отец которой был гемофиликом, выходит замуж за нормального мужчину, отец которого был альбиносом. Какова вероятность рождения в этой семье первых двух сыновей нормальными?

ЗАДАЧА 6. У человека альбинизм обусловлен аутосомно-рецессивным геном. Ангидротическая эктодермальная экплазия (отсутствие потовых желез) передается как рецессивный сцепленный с X-хромосомой. У одной супружеской пары, нормальной по обоим признакам, родился сын с обеими аномалиями. Какова вероятность того, что их вторым ребенком будет нормальная дочь?

ЗАДАЧА 7. У кур золотистая окраска перьев доминирует над серебристой, а оперенные ноги над голыми. При этом первый признак сцеплен с полом, а второй – нет. Какими будут потомки от скрещивания серебристой голоногой курицы с гетерозиготным золотистым петухом с оперенными ногами. Какова вероятность рождения у них серебристого петушка с голыми ногами?

ЗАДАЧА 8. У крупного рогатого скота комолость доминирует над рогатостью, красная окраска неполностью доминирует над светлой, окраска гетерозиготных особей – чалая. Гены не сцеплены. Скрещивание красных комолых коров с чалыми рогатыми быками дает исключительно комолых потомков, половина которых имеет красную, а половина – чалую масть. Составьте схему решения задачи. Определите генотипы исходных животных и потомков. Каково будет расщепление по фенотипу (F_2), если скрестить между собой полученных потомков с разными фенотипами из F_1 ?

ЗАДАЧА 9. У человека дальтонизм – рецессивный, сцепленный с полом, признак, а один из видов анемии (талассемия) наследуется как аутосомный доминантный признак. Гомозиготы по талассемии (большая талассемия) обычно погибают. Женщина с нормальным

зрением, страдающая малой талассемией, в браке со здоровым мужчиной, но дальтони́ком, имеет сына-дальтони́ка с легкой формой талассемии. Какова вероятность рождения следующего сына без аномалий?

ЗАДАЧА 10. У одной нормальной супружеской пары родился сын-альбинос, страдающий гемофилией, а в дальнейшем три дочери: одна альбинос и две без аномалий. Каковы генотипы родителей? Какова вероятность рождения здоровых кареглазых детей?

ЗАДАЧА 11. Женщина-дальтони́к вышла замуж за мужчину с волосатыми ушами. Какие дети могут родиться у них, если рецессивный ген дальтонизма локализован в X-хромосоме, а ген волосатых ушей в Y-хромосоме?

ЗАДАЧА 12. У дрозофилы ген срезанных крыльев и ген белых глаз рецессивны и расположены в X-хромосоме на расстоянии 4 морганид. Скрещивалась гетерозиготная по двум признакам красноглазая самка, имеющая нормальные крылья, с красноглазым самцом, имеющим срезанные крылья. Определить % белоглазых самцов с нормальными крыльями.

ЗАДАЧА 13. Известно, что гены гемофилии и дальтонизма - рецессивные и локализованы в X-хромосоме, расстояние между ними 9,8 морганид. Здоровая девушка, гетерозиготная по обоим признакам, выходит замуж за мужчину-дальтони́ка. Причем, ген дальтонизма она получила от матери, а ген гемофилии - от отца. Определите возможные генотипы их детей и вероятность рождения здорового мальчика в семье.

2.2. ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЗМЕНЧИВОСТИ.

Изменчивость – это свойство живых организмов приобретать новые свойства и признаки. Возникновение изменений в наследственном материале, т.е. в молекулах ДНК, называют мутационной изменчивостью. Изменения могут происходить как в отдельных молекулах (хромосомах) – это генные и хромосомные мутации, так и в количестве этих молекул в клетке (геномные мутации). Мутации появляются редко, но приводят к внезапным, скачкообразным изменениям признаков, передающихся из поколения в поколение. Все мутации происходят на молекулярном уровне, а проявляются в фенотипе на уровне организма.

Генные, или точечные мутации, встречаются наиболее часто, они возникают при удвоении ДНК как ошибки внутри гена, и проявляются в замене, выпадении или вставки нуклеотида. В результате синтезируется белок с неправильной последовательностью аминокислот. Этот белок не сможет выполнять свои функции.

Хромосомные мутации вызваны разрывом хромосом и перестановкой их участков. Они чаще всего возникают при нарушениях процесса деления клеток, например, при неравном кроссинговере.

Геномные мутации возникают при нарушении расхождения хромосом в гаметы. Они проявляются в нарушении количества хромосом в гаметах, а в последующем - в зиготе.

ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ НА ГЕННЫЕ МУТАЦИИ.

ЗАДАЧА 1. Последовательность нуклеотидов в цепи ДНК: ГТТ-ЦГТ-ААГ-ЦАТ-ГГГ-ЦТ. В результате мутации одновременно выпадают второй и шестой нуклеотиды. Запишите новую последовательность нуклеотидов в цепи ДНК. Определите по ней последовательность нуклеотидов в иРНК и последовательность аминокислот в полипептиде. Для выполнения задания используйте таблицу генетического кода.

РЕШЕНИЕ. Надо переписать данную в задаче цепь ДНК, затем вычеркнуть выпавшие нуклеотиды и переписать все заново. Затем, как обычно, построить иРНК и по ней построить цепь аминокислот, используя генетический код.

ГТТ-ЦГТ-ААГ-ЦАТ-ГГГ-ЦТ ГТЦ-ГАА-ГЦА-ТГГ-ГЦТ

→ иРНК: ЦАГ-ЦУУ-ЦГУ-АЦЦ-~~Ц~~ГА Глн-Лей-Арг-Тре-Арг

ЗАДАЧА 2. В последовательности одной из цепей ДНК (А Г Ц А Г Г Т А А) произошла мутация – выпадение второго нуклеотида в третьем триплете. Используя таблицу генетического кода (табл.2.), определите исходную аминокислотную последовательность. Изменится ли первичная структура полипептида? Ответ поясните. К какому виду мутаций относится данное изменение? Всегда ли это приводит к болезням?

Таблица 2.

Таблица генетического кода (иРНК)

Первое основание	Второе основание				Третье основание
	У	Ц	А	Г	
У	Фен	Сер	Тир	Цис	У
	Фен	Сер	Тир	Цис	Ц
	Лей	Сер	-	-	А
	Лей	Сер	-	Три	Г
Ц	Лей	Про	Гис	Арг	У
	Лей	Про	Гис	Арг	Ц
	Лей	Про	Глн	Арг	А
	Лей	Про	Глн	Арг	Г
А	Иле	Тре	Асн	Сер	У
	Иле	Тре	Асн	Сер	Ц
	Иле	Тре	Лиз	Арг	А
	Мет	Тре	Лиз	Арг	Г
Г	Вал	Ала	Асп	Гли	У
	Вал	Ала	Асп	Гли	Ц
	Вал	Ала	Глу	Гли	А
	Вал	Ала	Глу	Гли	Г

РЕШЕНИЕ. А Г Ц А Г Г Т ~~А~~ иРНК: УЦГ-УЦЦ- АУУ

→ Сер-Сер-Иле.

В случае выпадения нуклеотида изменяется последовательность аминокислот. В данном случае изменится третья и последующие за ней аминокислоты. Это генные мутации, которые приводят к изменению структуры и свойств белка, а следовательно к генным болезням. В связи с вырожденностью генетического кода (на одну аминокислоту приходится по несколько триплетов), такая мутация не всегда приводит к изменению свойств белка.

ЗАДАЧА 3. Последовательность нуклеотидов фрагмента цепи ДНК: ТЦААТГЦАГГТЦ. Определите последовательность нуклеотидов на иРНК и порядок расположения аминокислот в соответствующем полипептиде. Объясните, что произойдет со структурой белка, если в первом триплете цепи ДНК произошло удвоение третьего нуклеотида? Для выполнения задания используйте таблицу генетического кода.

РЕШЕНИЕ. ТЦААТГЦАГГТЦ иРНК: АГУ-УАЦ-ГУЦ-ЦАГ

→ по генетическому коду это аминокислоты: Сер-Тир-Вал-Глн. Если произойдет удвоение третьего нуклеотида (это генная мутация), то изменится вся последовательность нуклеотидов, соответственно последовательность аминокислот в белке, белок изменит свои свойства.

ЗАДАЧИ НА ХРОМОСОМНЫЕ И ГЕНОМНЫЕ МУТАЦИИ.

ЗАДАЧА 1. В результате мутации последовательность генов в хромосоме изменилась с ABCDEFGH на ACBEFH. Определите тип хромосомной мутации.

РЕШЕНИЕ. Выпишем первоначальную последовательность генов- ABCDEFGH, под ней запишем полученную в результате мутации - ACBEFH. Из такой записи становится понятным, что 1)поменялись местами гены В и С, т.е. имела место инверсия и 2)выпал ген G, т.е. имела место делеция. Таким образом, в данном случае произошли делеция и инверсия генов одновременно, т.е. хромосомная мутация (абберация).

ЗАДАЧА 2. Охарактеризуйте кариотип клетки, содержащий следующую мутацию: 46,XY,15+,21- **РЕШЕНИЕ.** В кариотипе 46 хромосом, половые хромосомы XY, т.е. пол мужской, имеется дополнительная 15 хромосома, одновременно отсутствует хромосома из 21 пары. Это геномная мутация.

ЗАДАЧА 3. В соматических клетках капусты установлено 27 хромосом вместо 18. Охарактеризуйте эту мутацию.

РЕШЕНИЕ. Нормальный кариотип капусты $2n = 18$. Значит гаплоидный набор будет $n = 9$. Тогда $27 : 9 = 3$, значит мутантное растение имеет триплоидный набор хромосом. Это геномная мутация, называется полиплоидия.

ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

ЗАДАЧА 1. Последовательность нуклеотидов в цепи ДНК: ГТТ-ААГ-ЦАТ-ГГГ-А. В результате мутации одновременно выпадают третий нуклеотид и третий триплет нуклеотидов. Запишите новую последовательность нуклеотидов в цепи ДНК. Определите по ней последовательность нуклеотидов в иРНК и последовательность аминокислот в полипептиде. Для выполнения задания используйте таблицу генетического кода.

ЗАДАЧА 2. В последовательности одной из цепей ДНК (А Г Ц А Г Г Т А А) произошла мутация – выпадение второго нуклеотида в третьем триплете. Используя таблицу генетического кода, определите исходную аминокислотную последовательность. Изменится ли первичная структура полипептида? Ответ поясните. К какому виду мутаций относится данное изменение?

ЗАДАЧА 3. У больного серповидно-клеточной анемией из 574 аминокислот, входящих в состав гемоглобина (белок), в результате мутации кодирующего гена ДНК в синтезируемом белке произошла замена **глутаминовой кислоты** на аминокислоту **валин**. Это привело к существенному изменению третичной и четвертичной структуры молекулы гемоглобина и, как следствие, к изменению формы и нарушению функций эритроцита. Воспользуйтесь генетическим кодом и определите замена какого нуклеотида в ДНК может привести к этой болезни?

ЗАДАЧА 4. Последовательность нуклеотидов до воздействия мутагена была АТТГЦЦ, после воздействия мутагена она изменилась и стала АТТТГЦЦ. Какая произошла мутация?

ЗАДАЧА 5. В результате воздействия биологического мутагенного фактора последовательность генов в хромосоме изменилась с ABCDEFGH на ABCEFGH. Определите тип хромосомной мутации.

ЗАДАЧА 6. В результате воздействия химического мутагенного фактора последовательность генов в хромосоме, изменилась с ABCDEFGH на ABCBCDEFGH. Определите тип хромосомной мутации.

ЗАДАЧА 7. В геноме организма в результате действия токсинов произошла хромосомная перестройка между генами, находившимися в одной хромосоме. Последовательность генов изменилась с ABCDEFGH на ABCFEDGH. Определите тип мутации.

ЗАДАЧА 8. В результате воздействия ионизирующего излучения последовательность генов в длинном плече хромосомы изменилась с ABCDEFGH на ADCBEFGH. Определите тип хромосомной перестройки.

ЗАДАЧА 9. Охарактеризуйте мутацию организма, чьи клетки обнаруживают кариотип - 47,XXY.

ЗАДАЧА 10. Определите хромосомное заболевание и пол у больного, если цитогенетическим методом установлено, что у него 45 хромосом и одна половая X-хромосома.

ЗАДАЧА 11. Какой диагноз можно поставить человеку, у которого кариотип 47,XX, 21+.

ЗАДАЧА 12. В клетках свеклы набор хромосом увеличился в 6 раз. К какому типу мутаций она относится, с помощью какого мутагена она была получена.

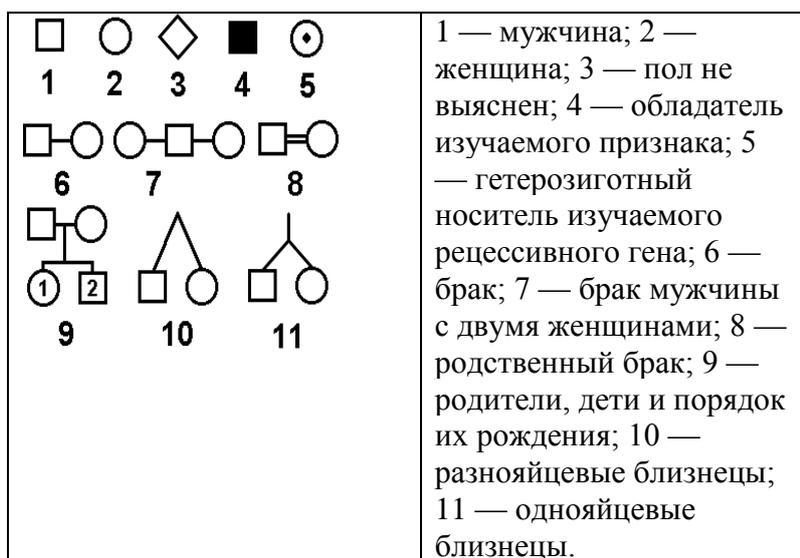
ЗАДАЧА 13. Последовательность нуклеотидов до воздействия мутагена была АТТГЦЦ, после воздействия мутагена она изменилась и стала АТТТГЦЦ. Какая произошла мутация?

ЗАДАЧА 14. После воздействия мутагена на семена капусты получено растение, во всех соматических клетках которого находится одинарный набор хромосом. Какая мутация произошла у капусты?

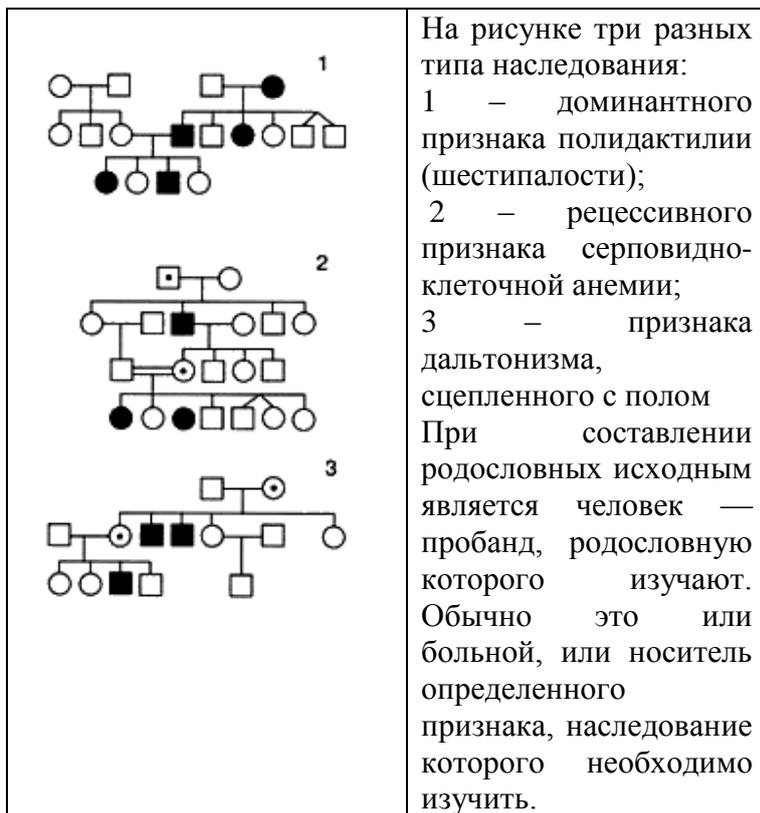
ЗАДАЧА 15. Последовательность генов в хромосоме АБВГДЕ. После воздействия мутагена последовательность генов в хромосоме изменилась и стала АБВГД. Как охарактеризовать эту мутацию?

2.3. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ГЕНЕТИКИ ЧЕЛОВЕКА

Как метод изучения генетики человека генеалогический метод стали применять только с начала XX столетия, когда выяснилось, что анализ родословных, в которых прослеживается передача из поколения в поколение какого-то признака (заболевания), может заменить собой фактически неприменимый в отношении человека гибридологический метод. При составлении родословных таблиц используют условные обозначения, предложенные Г. Юстом в 1931 г.



ПРИМЕРЫ РОДОСЛОВНЫХ:



При аутосомно-доминантном наследовании (А - болезнь) болеют в равной степени мужчины и женщины; признак, как правило, проявляется в каждом поколении (наследование по вертикали), больной ребенок у больных родителей. При аутосомно-рецессивном наследовании (а – болезнь) болеют в равной степени мужчины и женщины; признак проявляется редко, не в каждом поколении (наследование по горизонтали), однако, в родственных браках больные дети рождаются чаще; больной ребенок (гомозигота) рождается у здоровых родителей (гетерозигот). При наследовании, сцепленном с полом (X-сцепленный рецессивный тип наследования) частота проявления признака у особей разного пола неодинакова – болеют преимущественно мужчины; больные появляются не в каждом поколении; больной ребенок рождается у здоровых родителей.

Генеалогический метод позволяет определить тип наследования какого-либо признака и рассчитать вероятность рождения здоровых детей в семье.

ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

ЗАДАЧА 1. Сделайте анализ представленной на рис.1. родословной «седая прядь волос», определите тип наследования признака. Определите генотипы всех родственников и восьмерых детей во втором поколении.

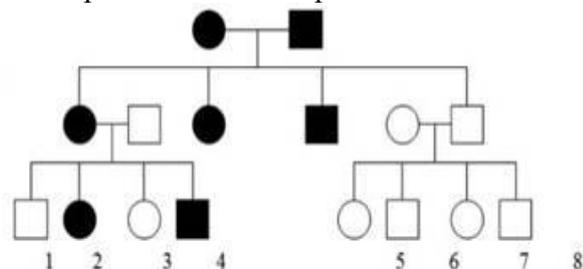


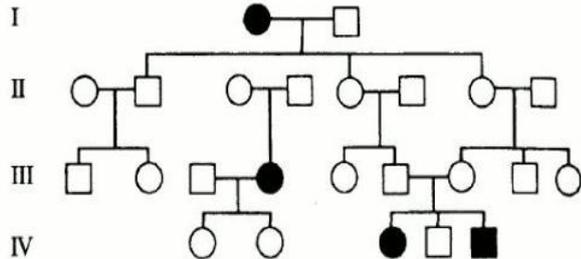
рис.1. Наследование признака «седая прядь волос».

РЕШЕНИЕ. 1) признак проявляется у обоих полов в одинаковой мере, что указывает на расположение гена в аутосоме; 2) признак передается из поколения в

поколение без пропуска поколений; 3) у больного родителя больны более половины детей - указывает на доминантность гена.

ОТВЕТ: тип наследования - аутосомно-доминантный (А – седая прядь волос). Генотипы бабушки и дедушки Аа х Аа. У них четверо детей: 2 девочки и мальчик имеют седую прядь – Аа и АА. Один сын не имеет – аа. Дочь вышла замуж за мужчину без пряди (Аа х аа) в их семье четверо детей : 1- аа, 2-Аа, 3-аа, 4-Аа. Вторая семья: сын без пряди женился на женщине без пряди (аа х аа), в их семье тоже 4 детей: 5- аа, 6- аа, 7- аа, 8- аа.

ЗАДАЧА 2. Сделайте анализ представленной родословной, определите тип наследования болезни. Определите генотипы детей в первом поколении.



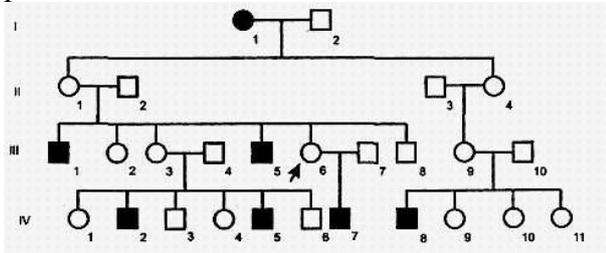
РЕШЕНИЕ.

1) признак проявляется у обоих полов в одинаковой мере, что указывает на расположение гена в аутосоме;

2) у здоровых родителей появляются больные дети;

3) если болен один из родителей, то его дети признака не имеют, либо больны менее половины детей. Во втором поколении вообще нет больных. ОТВЕТ: тип наследования - аутосомно-рецессивный. Генотип матери - аа, отца - АА. Генотипы F1 (на рисунке II поколение) – два сына – Аа, две дочери – Аа.

ЗАДАЧА 3. Сделайте анализ представленной родословной, определите тип наследования признака. Стрелкой указан пробанд - человек, со слов которого составляется родословная.



РЕШЕНИЕ: 1) чаще болеют мужчины, что указывает на расположение гена в X-хромосоме; 2) у здоровых родителей появляются больные дети; 3) отсутствие передачи признака от отца к сыну (больной сын наследует признак от здоровой матери-носительницы). ОТВЕТ: тип наследования – рецессивный, сцепленный с полом.

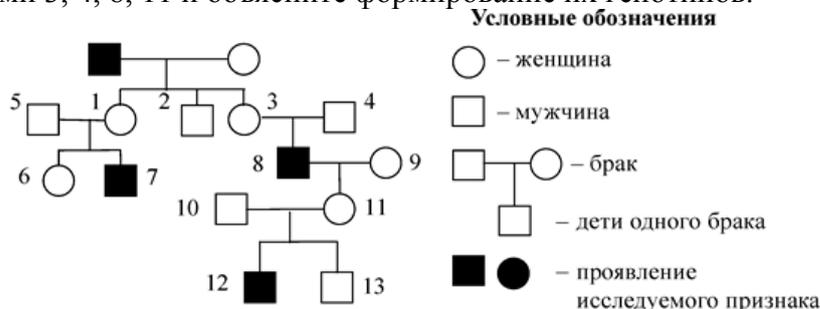
ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

ЗАДАЧА 1. Составьте родословную и проанализируйте её. Роза и Алла - родные сестры и обе, как и их родители, страдают ночной слепотой. У них есть еще сестра с нормальным зрением, а также брат и сестра, страдающие ночной слепотой. Роза и Алла вышли замуж за мужчин с нормальным зрением. У Аллы было две девочки и четыре мальчика, страдающих ночной слепотой. У Розы - два сына и дочь с нормальным зрением и еще один сын, страдающий ночной слепотой. Определите генотипы Розы, Аллы, их родителей и всех детей.

ЗАДАЧА 2. У супругов Анны и Павла, имеющих нормальное зрение, родились два сына и две дочери. У первой дочери зрение нормальное, но она родила 3 сыновей, 2 из

которых дальтоники. У второй дочери и её пяти сыновей зрение нормальное. Первый сын Анны и Павла - дальтоник. Две его дочери и два сына видят нормально. Постройте родословную. Каковы генотипы всех указанных родственников?

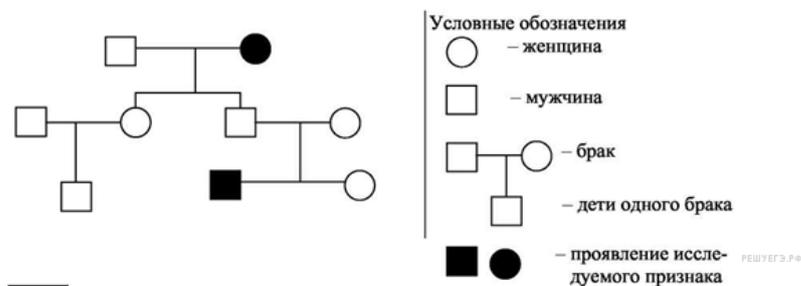
ЗАДАЧА 3. По изображенной на рисунке родословной определите характер наследования признака (доминантный или рецессивный, сцеплен или нет с полом), выделенного черным цветом. Определите генотипы потомков, обозначенных на схеме цифрами 3, 4, 8, 11 и объясните формирование их генотипов.



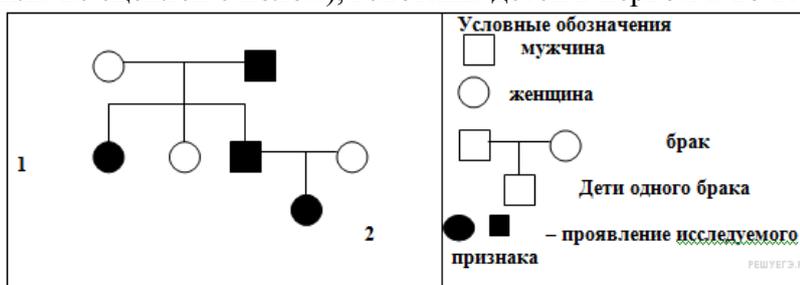
ЗАДАЧА 4. Пробанд страдает ночной слепотой. Его два брата также больны. Отец пробанда и его родственники здоровы. Мать пробанда больна, ее две сестры здоровы. Бабушка со стороны матери пробанда больна, а дедушка здоров. Построить родословную пробанда. Определить характер наследования признака и вероятность больных детей, если супруга пробанда здорова.

ЗАДАЧА 5. У членов одной семьи наблюдается глухонмота. Пробанд – глухонемая девочка. Её брат, мать и отец – здоровы. Со стороны отца пробанда тетя и дед здоровы, а бабушка – глухонемая. У матери пробанда есть глухонемой брат и здоровые брат и сестра. Составьте родословную, определите тип наследования глухонмоты.

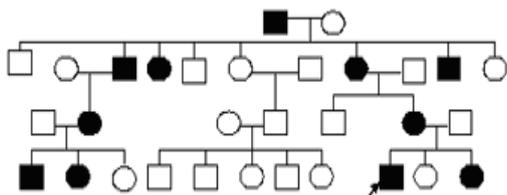
ЗАДАЧА 6. По изображенной на рисунке родословной установите характер проявления признака (доминантный, рецессивный), обозначенного черным цветом. Определите генотип родителей и детей в первом поколении.



ЗАДАЧА 7. По родословной, представленной на рисунке, установите характер наследования признака, выделенного черным цветом (доминантный или рецессивный, сцеплен или не сцеплен с полом), генотипы детей в первом и во втором поколении.



ЗАДАЧА 8. Определите тип наследования, генотип пробанда и его родителей в следующей родословной:



ЗАДАЧА 9. Анна и Людмила — родные сёстры, обе страдают дальтонизмом, хотя родители у них здоровы. У девочек есть сестра с нормальным зрением и брат с нормальным зрением, но гемофилик. Анна и Людмила вышли замуж за здоровых мужчин. У Анны родились два мальчика дальтоника и две здоровые девочки. У Людмилы два сына — гемофилики и дальтоники одновременно. Постройте родословную. Определите генотипы Анны и Людмилы, их родителей и всех детей. Почему у Людмилы дети имеют сразу два заболевания?

РАЗДЕЛ III. НАДОРГАНИЗМЕННЫЕ УРОВНИ ОРГАНИЗАЦИИ ЖИЗНИ

Живые организмы, поедая представителей предыдущего уровня, получают запасенную в их клетках и тканях энергию. Значительную часть этой энергии (до 90%) он расходует на движение, дыхание, нагревание тела и так далее, и только 10% накапливает в своем теле в виде белков (мышцы), жиров (жировая ткань). Таким образом, на следующий уровень передается только 10% энергии, накопленной предыдущим уровнем. Именно поэтому пищевые цепи не могут быть очень длинными.

При составлении пищевой цепи необходимо правильно расположить все звенья и показать стрелками с какого уровня была получена энергия.

3.1. ЗАДАЧИ ПО ЭКОЛОГИИ

ЗАДАЧА 1. Составьте экологическую сукцессию с участием перечисленных организмов, используя приведенные в скобках цифры:

Травы (1), пожарище(2), смешанный лес(3), ельник(4), кустарники(5), березняк(6)

РЕШЕНИЕ. Необходимо учесть, что после пожарища в земле могут остаться семена некоторых растений. В первую очередь на открытом пространстве появляются неприхотливые светлюбивые травы, затем светлюбивые кустарники и деревца березы, создаются благоприятные условия для прорастания семян других деревьев, появляется смешанный лес, но если среди деревьев вырастет ель, то она как теневыносливое растение вырастет хорошо и вытеснит светлюбивые растения. **ОТВЕТ:** 215634

ЗАДАЧА 2. Составьте пищевую цепь, найдите консумента 3 порядка.

Ежи (1), лисицы (2), древесина(3), жуки(4), пауки (5)

РЕШЕНИЕ. При составлении пищевой цепи необходимо начинать с поиска продуцента, а затем в цепочке консументов ориентироваться не только на биологические знания о животных, но и на их размеры, так как обычно хищник крупнее жертвы. **ОТВЕТ:** 34512. Консумент 3 порядка – еж.

ЗАДАЧА 3. Если количество энергии на уровне продуцентов составляет 400 единиц, то какова доля энергии, поступающей на четвертый пищевой уровень?

РЕШЕНИЕ. Задача основана на знании правила экологической пирамиды. На следующий трофический уровень переходит только 10% энергии, 90% энергии тратится живыми организмами на собственные нужды и частично рассеивается в окружающую среду

в виде тепловой. Значит, если на 1 уровне – 400 ед энергии, то на 2 уровне – 40 ед, на 3 уровне – 4 ед, на 4 уровне 0,4 ед. Такая же закономерность существует для пирамиды биомассы и пирамиды численности. ОТВЕТ: 0.4 единицы энергии.

ЗАДАЧА 4. Чему равна биомасса продуцентов, необходимая для роста и существования толстолобиков общей массой в 1000 кг?

РЕШЕНИЕ. Надо воспользоваться правилом экологической пирамиды. Для этого определим место толстолобика в пищевой цепи. Это травоядная рыба, значит находится на 2 трофическом уровне, сразу после продуцента. Если толстолобика 1000 кг, то продуцентов должно быть в 10 раз больше. ОТВЕТ: 10000 кг, или 10 тонн

ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

ЗАДАЧА 1. Составьте экологическую сукцессию с участием перечисленных организмов, используя приведенные в скобках цифры:

Травы и кустарники(1), березняк (2), лишайники (3), ельник (4), каменистые осыпи (5), смешанный лес(6)

ЗАДАЧА 2. Составьте пищевую цепь:

Совы(1), землеройки(2), листья(3), гусеницы(4), жуки(5)

ЗАДАЧА 3. Какое количество кузнечиков приблизительно необходимо для обеспечения жизнедеятельности одного аиста в цепи: трава-кузнечик-лягушка-аист

ЗАДАЧА 4. Какие биотические факторы могут привести к уменьшению численности белок в лесу?

ЗАДАЧА 5. Объясните, как осуществляется регуляция численности насекомых, насекомоядных и хищных птиц в экосистеме смешанного леса. Приведите не менее 3-х закономерностей.

ЗАДАЧА 6. На основании правила экологической пирамиды определите, сколько нужно планктона, чтобы в море вырос один дельфин массой 300 кг, если цепь питания имеет вид: планктон, нехищные рыбы, хищные рыбы, дельфин.

ЗАДАЧА 7. На основании правила экологической пирамиды определите, сколько орлов может вырасти при наличии 100 т злаковых растений, если цепь питания имеет вид: злаки, кузнечики, насекомоядные птицы, орел.

ЗАДАЧА 8. Рассчитайте массу вредителей, которых уничтожают жабы на поле площадью 10 гектаров за теплое время года (150 дней), если серой жабе в день нужно съесть 6 граммов слизней. На площади 1 гектар обитает 10 жаб

ЗАДАЧА 9. Вес самки насекомоядной летучей мыши 12 граммов. Вес каждого из ее новорожденных детенышей 2 грамма. За месяц вскармливания молоком вес каждого из двух детенышей достигает 6 граммов. Используя правило экологической пирамиды, определите, какую массу насекомых должна съесть самка за это время, чтобы выкормить сове потомство.

ЗАДАЧА 10. На основании правила экологической пирамиды определите, сколько нужно злаков, чтобы произошло развитие одного орла массой 5 кг, если цепь питания имеет вид: злаки-кузнечики-лягушка-змеи-орел.

ЛИТЕРАТУРА

Основная:

1. Общая биология. Учебник 10-11 кл с углубленным изучением биологии. Под ред. В.К. Шумного, Г.М. Дымшица, А.О. Рувинского. М. «Просвещение», 2006.
2. Общая биология. Учебник для 10-11 кл. Под ред. Беляева Д.К., Дымшица Г.М. 11-е изд. - М. «Просвещение». 2012. - 304 с.

Дополнительная:

1. Калинова Г.С., Никишова Е.А., Петросова Р.А. Как получить максимальный балл на ЕГЭ. Биология. Решение заданий повышенного и высокого уровня сложности. Москва, «Интеллект-Центр», 2016.
2. Кириленко А.А. Биология. Сборник задач по генетике для подготовки к ЕГЭ. Учебно-методическое пособие. 6-изд. – Ростов н/Д: Легион, 2014. – 272 с.
3. Биология: актив-тренинг: А, В, С / под ред. Г.С.Калиновой. – М.: Изд. «Национальное образование», 2014. – 224 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Содержание	Страница
Раздел I. Клетка как биологическая система. Молекулярно-генетический уровень организации живого.	5
1.1. Кодирование генетической информации в клетке	5
1.2. Реализация наследственной информации в клетке. Задачи на синтез белка	8
1.3. Энергетический обмен	12
1.4. Размножение и развитие организмов	14
Раздел II. Организменный уровень организации жизни.	18
2.1. Закономерности наследования	18
Задачи на моногибридное скрещивание	20
Задачи на дигибридное скрещивание	22
Задачи на взаимодействие аллельных генов	27
Задачи на взаимодействие неаллельных генов	31
Задачи на сцепленное наследование	34
Задачи на наследование сцепленное с полом	39
Задачи комбинированного типа	42
2.2. Закономерности изменчивости	44
Задачи на генные, хромосомные и геномные мутации	46
Задачи на генеалогический метод	47
Раздел III. Биоценотический уровень организации жизни	51
Задачи по экологии	51
Список литературы	53