



Бюджетное учреждение дополнительного профессионального образования
Республики Калмыкия

**«Калмыцкий республиканский институт
повышения квалификации
работников образования»**



**Сборник материалов
практико-ориентированного семинара**

**«Формирование естественнонаучной
грамотности обучающихся
при изучении раздела «Генетика»
на уроках биологии»**



Элиста, 2024г.

В сборнике представлены материалы практико-ориентированного семинара «Формирование естественнонаучной обучающихся при изучении раздела «Генетика» на уроках биологии» (г. Элиста, 01.11.2024 г.).

Автор-составитель: Церенова З.С., старший преподаватель кафедры методики преподавания естественно-математических дисциплин БУ ДПО РК «КРИПКРО»

**Научный редактор: Мунчинова Л.Д., к.п.н., ректор БУ ДПО РК «КРИПКРО»
Редакционная коллегия: Ашкинова Л.П., к.п.н., старший преподаватель БУ ДПО РК «КРИПКРО», Краснокутская О.А., к.п.н., старший преподаватель БУ ДПО РК «КРИПКРО», Бадмаева Л.И., старший преподаватель БУ ДПО РК «КРИПКРО»**

Печатается по решению учебно-методического совета БУ ДПО РК «Калмыцкий республиканский институт повышения квалификации работников образования»

Авторский текст сохранен

©БУДПО РК «КРИПКРО», 2024 г.

©Коллектив авторов, 2024г.

СОДЕРЖАНИЕ

Басангов С.Б. Использование цифровой лаборатории «Архимед» на уроках химии.....	4
Булуктаев А.А. Генетические исследования Калмыцкого Научного Центра Российской Академии Наук.....	9
Даваева И.В. «Популяционная генетика в КИМах ЕГЭ по биологии. Закон Харди-Вайнберга. Решение задач на 2 и 3 аллеля»	12
Джалсанова С.С. «Типичные ошибки при решении задач по генетике»	27
Джамбышева Б.А. Презентация сборника «Этнопедагогика в предметах естественнонаучного цикла(из опыта работы учителей г.Элисты).....	39

«Использование цифровой лаборатории «Архимед» на уроках химии»

*Басангов Савр Бадмаевич,
учитель биологии
МКОУ «Хартолгинская СОШ»
Яшкульского района*

Цифровые технологии прочно вошли в жизнь человека, они глубоко внедрились в различные области человеческой деятельности. Современная школа также не стала исключением.

При изучении химии в школе учащиеся сталкиваются с тем, что большое количество материала не подкреплено экспериментом, отсюда возникает сложность в понимании материала. Химию, нельзя изучать только теоретически, обязательно нужна практическая основа – **эксперимент**. Он позволяет учащимся самим убедиться в верности выдвинутой гипотезы или наоборот в ее ошибочности.

Химический эксперимент – важнейший метод познания – позволяет сформировать у школьников знания о веществах и явлениях.

На помощь учителю, помимо традиционного химического эксперимента, приходит цифровая лаборатория, которая позволяет наглядно продемонстрировать эксперимент при изучении отдельных тем.

Цифровые лаборатории по химии «Архимед» – это современный инструмент для школьного образования. Цифровые лаборатории могут выступать как средство обучения, которое расширяет возможности натурального химического эксперимента. С помощью цифровой лаборатории можно проводить более точные, наглядные эксперименты по химии.

Цифровые лаборатории решают еще одну немаловажную задачу, при проведении лабораторных работ или демонстрационных опытов у учащихся возникает повышенный интерес, это приводит к большей вовлеченности в процесс обучения, способствует приобретению исследовательских умений.

Цифровая лаборатория – это реальное учебное оборудование с цифровыми датчиками, сигнал с которых поступает на компьютер и

обрабатывается соответствующей программой. Лаборатория состоит из ноутбука, цифровых датчиков и ПО. Цифровое оборудование обеспечивает автоматизированный сбор и обработку данных, позволяет показывать ход эксперимента в виде графиков, таблиц, показаний приборов.

В состав цифровой лаборатории «Архимед» входят следующие датчики, которые использует в практической деятельности учитель химии:

1. Датчик pH;
2. Температурный датчик;
3. Датчик электропроводности;
4. Высокотемпературный датчик - термопара.

Рассмотрим примеры использования цифровой лаборатории «Архимед» в 9 классе. При изучении темы «Тепловые эффекты химических реакций» цифровой лаборатория позволяет учащимся дать представление о тепловых эффектах химических реакций, развить навыки работы с химическими реактивами, посудой, оборудованием. Например, изменение теплового эффекта в процессе химических реакций можно продемонстрировать на опыте растворения гидроксида натрия или нитрата аммония в воде. В ходе опытов определяют изменение температуры в исследуемой среде. Применение датчика температуры в ходе демонстрационного опыта растворения гидроксида натрия в воде, проходящего с выделением тепла, и растворения нитрата аммония в воде, проходящего с поглощением тепла, позволяет наглядно продемонстрировать ученикам, что химические реакции могут протекать как с высвобождением энергии (тепла), так и с ее поглощением, в связи с чем химические реакции делятся на **эндотермические** и **экзотермические**.

При изучении темы «**Электролитическая диссоциация**» важно сформировать понятие об электролитической диссоциации, электролитах и неэлектролитах и их поведении в водных растворах, способствовать формированию понятий о растворении как физико-химическом процессе, об ионах. Для этого в ходе эксперимента необходимо производить измерения

при помощи датчика электропроводности. Исследуется электропроводимость растворов сахара, хлорида натрия, соляной кислоты, гидроксида натрия. Электрическая проводимость жидкостей появляется при диссоциации растворимых солей, кислот и оснований, в результате чего образуются положительно заряженные катионы и отрицательно заряженные анионы, которые переносят заряд в электрическом поле. На основе полученных данных делается вывод о том, что все вещества можно разделить на электролиты и неэлектролиты.

Например, тема в 8 классе **«Изучение строения пламени»** практическая работа №1.

Тип урока: практическая работа с элементами исследования.

Цель урока: создание условий для формирования у обучающихся познавательных универсальных учебных действий, умений проводить простейшие исследования, навыка составления отчёта о работе и делать выводы.

Оборудование: компьютер с программным обеспечением, цифровой датчик температуры термопарный, штатив с зажимом; спиртовка, свеча.

Организационная структура урока:

I. Мотивационно-целевой

Учитель озвучивает девиз урока «Ни одна наука не нуждается в эксперименте в такой степени как химия» (**М. Фарадей**).

Мотивирует обучающихся к определению темы и к постановке познавательной цели урока.

Описывает проблемную ситуацию:

Для приготовления чая две хозяйки поставили на газовую плиту чайники с одинаковым объёмом воды. Зажгли газовую горелку. У первой хозяйки чайник закипел на две минуты раньше, чем у второй. С чем это может быть связано?

Ответы учащихся.

Отмечает, что правильный ответ на этот вопрос ученики получают в ходе

выполнения практической работы.

Озвучивает тему и цель урока. Уточняет понимание обучающимися поставленных целей урока.

Инструкция к практической работе «Изучение строения пламени»

1. Запустите на регистраторе данных программное обеспечение.
2. Подключите высокотемпературный датчик (термопару) к регистратору данных (компьютеру).
3. Закрепите датчик в штативе так, чтобы его кончик касался фитиля спиртовки.
4. Запустите измерение температуры клавишей «Пуск».
5. Зажгите спиртовку. Когда показания стабилизируются, запишите значение температуры на схеме пламени (рис 1).
6. Перемещайте датчик температуры в следующие точки пламени в соответствии с указанной схемой. Для этого ослабляйте муфту и перемещайте её (вместе с лапкой и датчиком) в нужное место. Когда показания стабилизируются, снова заносите значение температуры в соответствующей точке на схему.

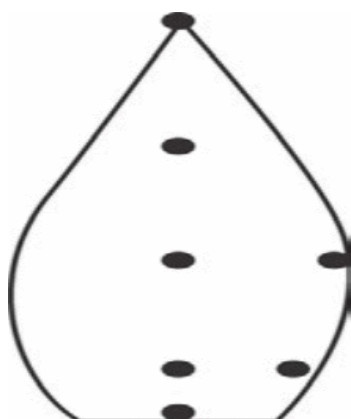


Рис.1. Точки измерения температуры пламени

7. Таким способом измерьте температуру во всех точках пламени, отмеченных на схеме.
8. Повторите действия со свечей.
9. Внесите в пламя спиртовки на полминуты пробирку. Извлеките пробирку из пламени и рассмотрите её поверхность.

10. Повторите опыт со свечой.

11. Полученные результаты практической работы занесите в таблицу

Таблица 1. Изучение строения пламени

Источник теплоты	Температура около фитиля	Температура в средней части пламени	Температура в верхней части пламени
Спиртовка			
Свеча			

12. Ответьте на вопросы:

1. Какого цвета налёт вы обнаружили на пробирке?

2. Что это за вещество?

Вывод:

В выводах указать, какой источник теплоты предпочтительно использовать в химической лаборатории и почему.

Преимущества цифровой лаборатории

1. Наглядность проводимого эксперимента. Результаты эксперимента представляются в виде графиков;

2. Хранение и компьютерная обработка результатов эксперимента;

3. Возможность многократного повторения эксперимента, а также сопоставление данных, полученных в ходе различных экспериментов;

4. Наблюдение за самой динамикой исследуемого явления;

5. Изучение и фиксация данных быстро протекающих процессов.

Таким образом, использование цифровой лаборатории учителем химии предполагает совершенствование химического эксперимента. Цифровая лаборатория предоставляет все условия для развития творческого подхода к процессу обучения химии.

Источники информации:

1. Дорофеев М.В. «Цифровые лаборатории как средство современного школьного химического образования». – 2009 – № 1.
[Электронный ресурс] // URL: <https://him.1sept.ru/article.php?ID=200900103>
2. Фадеева.Е.В. «Приемы использования современного цифрового оборудования на уроках химии» // журнал «Педагогическое искусство». – 2022 – с.85- 95. [Электронный ресурс] // URL: <https://golnk.ru/xlVYV>
3. Новик И.Р., Жадаев А.Ю., Галкина Е.Н., Ганькина А.А. «Использование цифровых лабораторий в процессе профессиональной подготовки будущих учителей химии» // журнал «Современные проблемы науки и образования». – 2023 – №3 – с.16. [Электронный ресурс] // URL: <https://golnk.ru/J5k4e>
4. Цаплина С.А, Маркина М.А. «Использование цифровой лаборатории «Архимед» на уроках химии».

Генетические исследования Калмыцкого научного центра Российской академии наук

*Булуктаев Алексей Александрович,
к.б.н., ст. научный сотрудник лаборатории
генетических исследований КалмНЦ РАН*

В лаборатории проводятся 2 типа исследований – это работы связанные с исследованием палеоантропологического материала (разнообразные костные останки), погребений расположенных на территории Республики Калмыкия и исследования биологического материала (венозная, капиллярная кровь, буккальный эпителий и др.), для генетических исследований Калмыцкой популяции (сейчас активно разрабатывается исследование направленное на формирование генетического портрета, Калмыцкого народа по материалам STR-локусов Y-хромосомы, изучаются частоты встречаемости аллелей и их разнообразие).

Древняя ДНК

На базе Калмыцкого научного центра РАН в рамках мегагранта «От

палеогенетики до культурной антропологии: комплексное междисциплинарное исследование традиций народов трансграничных регионов: миграции, межкультурное взаимодействие и картина мира» созданы:

- блок «Костехранилище» в котором хранится палеонтологический материал из археологических памятников, различной культурной принадлежности, расположенных на территории Республики Калмыкия;

- блок «Генетических исследований» в котором проводятся работы с древней ДНК (дДНК), включая пробоподготовку образцов, выделение ДНК, ее амплификация и электрофорез.

В настоящее время исследования посвященные изучению генетической информации из палеонтологического материала актуальное направление, разрабатываемое ведущими лабораториями, как России, так и мира. Активно разрабатывается направление изучения костных останков из курганных погребений Юга России по материалам исследования STR-локусов (Балабанова, 2019; Вдовченков и др., 2023; Корниенко, 2021; Пилипенко и др., 2020).

На территории Республики Калмыкия сосредоточено большое количество древних курганов, археологических памятников эпохи бронзы – раннего железного века – средневековья (Очир-Горяева, 2008). Именно они и являются объектами исследований.

В качестве объекта исследования использован палеоантропологический материал (зубы), позднесарматского погребения могильника Аршань-Зельмень, расположенного на территории Республики Калмыкия. Лизис, выделение и элюция ДНК проводилась по протоколу для выделения ДНК из костей и зубов с использованием ВТА буфера Prepfilier. Анализ структуры аутосом и половой хромосомы включал определение аллельных профилей по STR-локусам наборов реактивов AmpFlSTR® GlobalFiler PCR AmplificationKit и Y-filerPlus® PCR AmplificationKit. В результате проведенного исследования установлена половая структура могильников

Аршань-Зельмень – это 3 мужчины и 3 женщины, 1 образец идентифицировать не удалось (костные останки ребенка). Получены относительно хорошие генетические профили всех индивидов по STR-локусам набора GlobalFiler. Генетический материал мужчин генотипирован по STR-локусам набора Y-filerPlus, в результате идентифицировано три филогенетических кластера Y-хромосомы: E1b1, N1a2, R1a, что говорит о высокой степени разнообразия данных погребений. Палеоантропологический материал позднесарматских погребений из могильных групп, расположенных на территории Республики Калмыкия характеризуется хорошей сохранностью генетического материала, что позволяет генотипировать образцы по STR-локусам, для установления кровнородственных связей, половой структуры и принадлежности к гаплогруппам.

Современная ДНК

Несмотря на то что исследование генетического разнообразия Y-хромосомы было начато значительно позже, чем для других типов маркеров (аутосомных локусов и митохондриальной ДНК), на сегодняшний день получены данные по распределению основных гаплогрупп Y-хромосомы среди основных этнотерриториальных групп РФ. Однако для популяции калмыцкого народа, прошедшего долгий путь становления от долины Орхона и Саяно-Алтая до Южного Урала и Волго-Донского междуречья, отсутствует характеристика вариабельности STR-локусов Y-хромосомы, хотя ранее были получены данные генетической структуры калмыцкого народа по маркерам половых хромосом, составлено филогенетическое древо Y-хромосомы.

В рамках исследования генетического пула калмыков в лаборатории генетических исследований Калмыцкого научного центра РАН накоплен большой материал данных по STR локусам Y-хромосомы. Вышесказанное обусловило цель настоящего исследования – изучение распределения и разнообразия аллелей по STR-маркерам Y-хромосомы калмыцкого народа.

Цель настоящего исследования заключается в расчете частот встречаемости аллелей Y-хромосомы по STR-локусам. В качестве объектов

исследования использован биологический материал (капиллярная и венозная кровь) мужчин калмыков. Для выделения ДНК использовали хелатирующий реагент Chelex-100 и фенол-хлороформную экстракцию руководствуясь инструкциями производителя. Анализ структуры половой хромосомы включал определение аллельных профилей по STR-локусам набора реактивов AmpFlSTR® Y-filerPlus® PCR AmplificationKit. В результате исследования установлено, что наименьшие показатели аллельного разнообразия характерны для маркеров DYS456, DYS438 и DYS437, тогда как наибольшие показатели h отмечены для DYS481, DYS449, DYS385, DYS570, DYS518, DYS19, DYS635, DYS389I/II, DYS576. Наиболее распространенными гаплогруппами в калмыцкой выборке являются — C2 M217 >> M48, C2 M217 > F1067 и R2 M479. На основании генетического анализа рассчитаны частоты распределения аллельных вариантов по 24 STR-локусам Y-хромосомы. Представлены показатели аллельного разнообразия исследуемой выборки. Определены 20 основных гаплогрупп встречающихся в калмыцкой популяции.

«Популяционная генетика в КИМах ЕГЭ по биологии.

Закон Харди-Вайнберга. Решение задач на 2 и 3 аллеля»

*Даваева Инара Васильевна,
учитель биологии
МБОУ «Элистинский технический лицей»
г.Элисты*

На стыке классического дарвинизма и генетики родилось целое направление – популяционная генетика. Популяционные генетики первыми поняли значение сравнительно мелких объединения особей, на которые распадается население любого вида популяций.

В 1921-1922 годах С.С. Четвериков, в ту пору сотрудник Н.К. Кольцова, начал изучать распространение мутаций не в лабораторных, как то делалось ранее школой Т. Моргана, а в природных популяциях дрозофил. Он

организовал на Звенигородской биостанции в Москве в Институте экспериментальной биологии (ныне Институт биологии развития им. Н.К. Кольцова) широкие исследования по поиску мутаций в природных популяциях и знаменитый семинар «Дрозсоор», на основе которых и зародилась отечественная, а вслед и мировая популяционная генетика.

Популяционная генетика, или генетика популяций, – раздел генетики, изучающий распределение частот аллелей и их изменение под влиянием движущих сил эволюции: мутагенеза, естественного отбора, дрейфа генов и потока генов.

Вид – группа особей с общими морфологическими, биохимическими и поведенческими признаками, способная к взаимному скрещиванию, дающему в ряду поколений плодовитое потомство.

Популяция – совокупность особей вида, в течение большого числа поколений населяющих определенное пространство, внутри которого особи могут свободно скрещиваться друг с другом, в то время как обмен особями с соседними популяциями затруднен.

Характеристики популяции:

- статические;
- динамические;
- генетические;
- экологические.

Задание из ЕГЭ

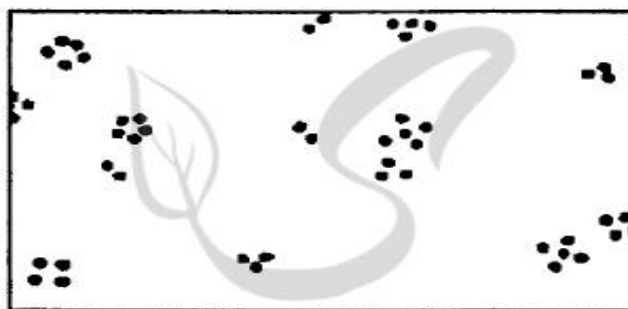
Выберите три верных ответа из шести и запишите цифры, под которыми они указаны. Групповое распределение особей в пространстве характерно для популяций.

1. состоящих из особей, проявляющих друг к другу антагонизм;
2. львов;
3. существующих в условиях равномерного распределения факторов среды;
4. мятлика лугового;

5. обитающих в условиях неравномерного распределения факторов среды;

6. состоящих из особей, ведущих стадный образ жизни.

Как называется представленное на рисунке распределение особей популяции в пространстве? В каких случаях оно наблюдается? Ответ поясните.



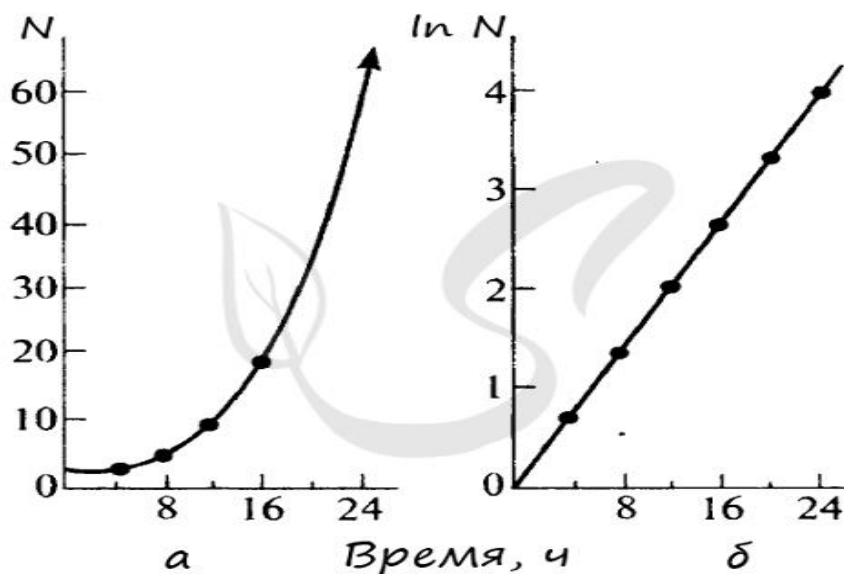
Решение:

1) Данное распределение носит название неравномерного (группового) распределения;

2) Подобное распределение наблюдается в случаях, когда популяция обитает в условиях неравномерного распределения факторов среды;

3) Свойственно для особей популяции, которые ведут групповой (стадный) образ жизни.

Проанализируйте графики, иллюстрирующие тему: «Экспоненциальный рост гипотетической популяции». Выберите утверждения, которые можно сформулировать на основании анализа графиков.



- 1) экспоненциальный рост численности популяции невозможен в постоянных, неизменяющихся условиях;
- 2) в природе экспоненциальный рост (рост численности особей в неизменяющихся условиях) наблюдается какое-то достаточно короткое время;
- 3) экспоненциальный рост численности популяции отражает S-образная кривая;
- 4) если численность популяции отложить в логарифмическом масштабе, то кривая приобретает вид прямой линии;
- 5) численность популяции не может превысить предельную численность популяции даже кратковременно.

Популяционные волны или волны жизни – колебания численности организмов в природных популяциях. Могут быть как периодическими, так и непериодическими. Термин был введён русским биологом Сергеем Сергеевичем Четвериковым в 1905 году. Это явление наблюдается у любых видов растений и животных, включая микроорганизмы.

Что такое популяционные волны? Назовите не менее трех причин, вызывающих это явление в популяции больших синиц. Как изменится генофонд популяции синиц при резком снижении их численности с 10 000 до 100 особей? Как такое изменение генофонда скажется на дальнейшей эволюции популяции?

Решение:

- 1) популяционные волны – это периодические изменения численности особей в популяции (колебания численности);
- 2) причина: периодические изменения количества доступных ресурсов (пищи, территории);
- 3) причина: периодические изменения численности хищников (паразитов);
- 4) причина: существенные изменения климатических факторов (наводнения, сильные морозы);

5) генофонд обедняется (снижается генетическое разнообразие популяции);

6) снижается приспособленность популяции к изменениям окружающей среды;

7) увеличивается вероятность проявления рецессивных мутаций у особей из-за близкородственного скрещивания при малой численности.

Дрейф генов – резкое и случайное изменение концентрации генов и генотипов в генофонде популяции. В малочисленной популяции из-за стихийных бедствий (пожара, наводнения, урагана и т.д.) может резко уменьшиться количество особей.



В настоящее время численность китообразных животных нарвалов достигает около 170000 особей. Международный союз охраны природы в 2017 году перевёл нарвалов из группы видов, находящихся под угрозой вымирания, в группу видов, вызывающих наименьшие опасения. Однако, как показало геномное исследование, нарвалы генетически однородны для такой большой по численности популяции. Каким образом могла сформироваться такая генетическая однородность. Чем может быть опасен для вида низкий уровень генетического разнообразия. Можно ли утверждать, что в настоящее

время нарвалы находятся в состоянии биологического регресса. Ответ поясните.

Элементы ответа:

1) родоначальником современной группы нарвалов явилась небольшая группа генетически близких особей (популяция прошла через «бутылочное горлышко»);

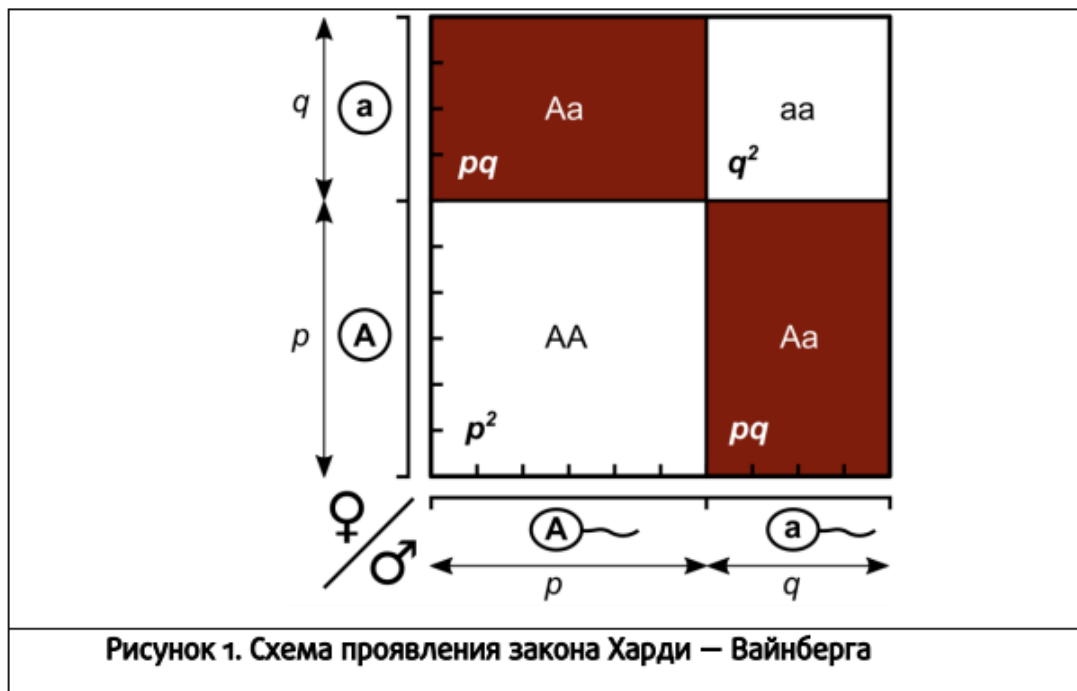
2) гены, имеющиеся у выживших особей, распространились в растущей популяции;

3) генетическая однородность снижает уровень приспособленности к изменениям в окружающей среде;

4) нельзя, так как нарвалы насчитывают достаточно большое количество особей.

В 1900 году законы Менделя были открыты заново и понимание о генах, как о дискретных единицах наследственности, постепенно стало проникать в науку. Однако некоторые противники теории наследственности Менделя утверждали, что если у признака имеется два аллеля, то его соотношение в популяции должно быть непременно 3:1 из-за явления доминирования. Как разрешить данное заблуждение? Для того чтобы понимать закономерности распределения аллелей в популяции, необходимо разработать модель, которая удовлетворяет всем правилам менделевского наследования. Такую модель разработали параллельно английский математик Годфри Харолд Харди и немецкий врач Вильгельм Вайнберг. Представим себе популяцию, в которой скрещивания между любыми особями равнозначны. Пусть известно, что определённый ген имеет два аллеля A и a . Обозначим частоту доминантного аллеля как p , а частоту рецессивного аллеля как q . Очевидно, что все организмы имеют либо аллель A , либо a , либо их комбинацию, а значит $p + q = 1$. Зная частоты аллелей, попробуем рассчитать частоты генотипов. Формирование потомков согласно закону частоты гамет Менделя можно представить себе как выбор двух гамет из общего пула всех половых клеток (так как все скрещивания равновероятны).

Тогда вероятность получения гомозиготной особи по доминантному аллелю означает вероятность двух независимых выборов гаметы с аллелем А, а именно $f(AA) = p \cdot p = p^2$. Аналогично, частота рецессивных гомозигот составит $f(aa) = q \cdot q = q^2$. Более сложной является ситуация с гетерозиготами. Для получения гетерозиготной особи на первую позицию можно выбрать доминантный аллель (вероятность p), а на вторую позицию можно выбрать рецессивный аллель (вероятность q). Наконец, на первую позицию можно выбрать рецессивный аллель, а на вторую – доминантный. Последние два события несовместимы. Таким образом, частота гетерозигот составит $f(Aa) = p \cdot q + q \cdot p = 2pq$. Зная частоты аллелей в популяции, можно рассчитать равновесные частоты генотипов, что в общем виде можно записать следующим образом: $(p + q)^2 = p^2 + 2pq + q^2$. Нетрудно заметить, что перед вами представлена формула квадрата суммы. Именно поэтому довольно интуитивным является графическое представление закона Харди-Вайнберга (рис. 1)



Из закона Харди-Вайнберга следуют несколько важных заключений:

1. Частоты аллелей не изменяются из поколения в поколение без внешнего воздействия на них;
2. Зная частоты аллелей и предполагая случайные скрещивания, можно

предсказать равновесные частоты генотипов, то есть такие, которые бы сформировались, если бы на них не действовали никакие факторы эволюции;

3. Если на ген не действуют какие-либо движущие силы эволюции и при этом частоты не находятся в равновесном состоянии, они достигнут его за 1 поколение.

Последнее легко проиллюстрировать на следующем примере. Представим себе, что популяция состоит исключительно из гомозигот в соотношении **1:1**. Тогда частоты аллелей будут равны и составят по **0.5**. Закон Харди-Вайнберга предсказывает, что частоты генотипов должны составить: $f(AA) = 0.25$; $f(Aa) = 0.5$; $f(aa) = 0.25$. Однако в данный момент этого не Рисунок 1. Схема проявления закона Харди–Вайнберга наблюдается, то есть популяция не находится в равновесии. Допустим в этой популяции скрещивания. Естественно, возможны только три варианта. **AA x AA**, **AA x aa** и **aa x aa**. Выписав возможное потомство в трёх скрещиваниях и записав частоты полученных генотипов через **p** и **q**, легко увидеть, что равенство выполняется. То есть за одно поколение популяция пришла к равновесным частотам.

Родственным к закону Харди-Вайнберга является закон Пирсона, который утверждает, что независимо от изначального соотношения генотипов равновесие в популяции устанавливается после первого свободного скрещивания. Почему выполняется данная закономерность? Почему закон Пирсона часто называют следствием закона Харди-Вайнберга? Вытеснит ли доминантный аллель рецессивный из популяции за достаточно большое количество времени? Закон Харди-Вайнберга демонстрирует важную закономерность, которая может поначалу казаться контринтуитивной. В популяциях доминантный аллель не вытесняет рецессивный со временем, если на него не воздействуют движущие силы эволюции. Наоборот, частота доминантного и рецессивного аллеля в таких условиях будет постоянна бесконечное число поколений.

Важно отметить, что представленный закон применим не ко всем

популяциям, а только к «идеальным», в которых выполняются следующие условия:

1. Отсутствуют мутации, которые изменяют частоты рассматриваемых аллелей;
2. На рассматриваемые аллели не действует отбор;
3. Спаривание по отношению к данному локусу является случайным (отсутствует избирательность в скрещиваниях);
4. В популяции отсутствует структура, нет миграций и потока генов;
5. Популяция имеет бесконечно большой размер.

При несоблюдении каждого из этих фактов говорят, что на популяцию действует фактор эволюции. Это может быть естественный отбор, дрейф генов или другие. В любом случае для моделирования роли различных факторов используется базовая модель, задаваемая уравнением Харди-Вайнберга. Если известно, что частота гетерозигот в идеальной популяции составляет $f(Aa) = 2pq$, причём сумма частот аллелей равна 1, то задавая значения лишь одного аллеля (например, p), можно однозначно определить частоту гетерозигот (рис. 2).

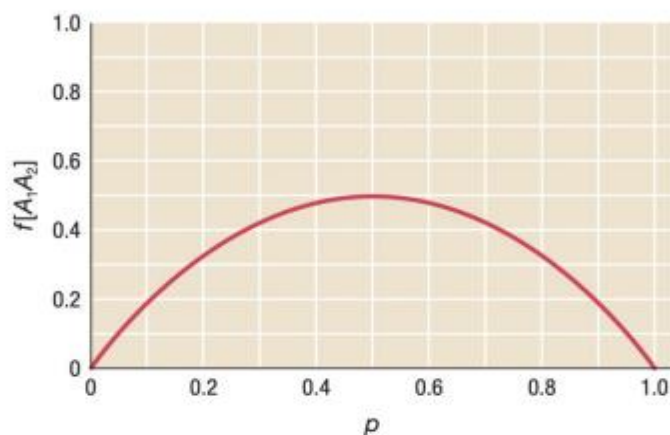


Рисунок 2. Частота гетерозигот согласно закону Харди – Вайнберга

В популяции растений ночной красавицы (*Mirabilis jalapa*) 100 растений имеют ярко-красную окраску венчика, а 50 – белую. Рассчитайте частоты рис. 2.

Частота гетерозигот согласно закону Харди-Вайнберга аллелей красной и белой окраски в популяции. Находится ли популяция в равновесии Харди-Вайнберга? Ответ поясните.

Задача. Некоторое наследственное заболевание, определяемое рецессивным геном, встречается у одного человека из десяти тысяч. Найдите частоту встречаемости гетерозигот по этому гену.

Решение: доля рецессивных гомозигот – одна десятитысячная по условию задачи $q^2 = 0,0001$ Найдем частоту рецессивного аллеля

$q = \sqrt{0,0001} = 0,01$ Найдем частоту доминантного аллеля

$p = 1 - q = 1 - 0,01 = 0,99$.

Найдем долю гетерозигот $2pq = 2 \times 0,99 \times 0,01 = 0,0198$

Ответ: доля гетерозигот в популяции примерно равна 2% (т.е. ген, который на первый взгляд кажется очень редким, на самом деле в скрытом состоянии встречается у каждого пятидесятого).

Задача. Фенилкетонурия – моногенное заболевание, возникающее в результате нарушения аминокислотного обмена, наследующееся по аутосомно-рецессивному типу. Среди японцев заболевание встречается в среднем 8 раз на 19000 рождений. При этом частота мутантного аллеля во всей человеческой популяции составляет 0,01. Рассчитайте равновесные частоты мутантного и нормального фенотипов в человеческой популяции, а также частоту мутантного аллеля среди японцев. Поясните ход решения. Какой эволюционный фактор приводит к наблюдаемому различию частот мутантного аллеля? При расчетах округляйте значения до четырех знаков после запятой.

Пояснение.

1. Равновесная частота мутантного фенотипа (aa) составляет

$$q^2 = 0,01^2 = 0,0001.$$

2. Равновесная частота нормального фенотипа составляет

$$1 - q^2 = 0,9999.$$

ИЛИ

2. Равновесная частота нормального фенотипа составляет

$$p^2 + 2pq = 0,99^2 + 2 \cdot 0,99 \cdot 0,01 = 0,9801 + 0,0198 = 0,9999.$$

3. Нормальный фенотип представлен доминантными гомозиготами (AA) и гетерозиготами (Aa).

4. Частота мутантного фенотипа (aa) в японской популяции составляет $\frac{8}{19000} = \frac{1}{2375} = 0,0004 = q^2$

5. Частота мутантного аллеля в японской популяции

$$q = \sqrt{0,0004} = 0,02.$$

6. Наблюдаемое расхождение сформировалось в связи с дрейфом генов (эффект основателя).

Задача (если популяция не находится в равновесии). За время кругосветного плавания на корабле расплодились крысы, образовав популяцию следующего состава: 140 животных с нормальной длиной хвоста (доминантный признак), 105 с укороченным хвостом и 5 без хвоста. Рассчитайте частоты всех генотипов в данной популяции и частоты аллелей нормальной длины хвоста и бесхвостости. Определите, находится ли данная популяция в равновесии Харди-Вайнберга. Ответ поясните.

Решение:

1) частота генотипа AA (крысы с нормальной длиной хвоста) составляет: $140 / (140 + 105 + 5) = 140 / 250 = 0,56$;

2) частота генотипа Aa (крысы с укороченным хвостом) составляет:

$$105 / (140 + 105 + 5) = 105 / 250 = 0,42$$
;

3) частота генотипа aa (крысы без хвоста) составляет:

$$5 / (140 + 105 + 5) = 5 / 250 = 0,02$$
;

4) аллель A в популяции будет передаваться во всех гаметах крыс с нормальным хвостом и в половине гамет короткохвостых крыс, аллель a – во всех гаметах бесхвостых крыс и в половине гамет короткохвостых крыс;

5) частота аллеля нормальной длины хвоста $A = p = 0,56 + 0,42 / 2 = 0,77$;

6) частота аллеля бесхвостости $a = q = 0,02 + 0,42 / 2 = 0,23$;

7) равновесные частоты генотипов:

$$f(AA) = p^2 = 0,5929, f(aa) = q^2 = 0,0529,$$

$$f(Aa) = 2pq = 0,3542;$$

8) популяция не находится в равновесии Харди-Вайнберга;

9) т.к. фактические частоты генотипов не соответствуют равновесным.

Задача (Пенетрантность). Врождённый вывих бедра наследуется доминантно, средняя пенетрантность 50%. Заболеваемость встречается с частотой 5 : 10 000. Определите генетическую структуру популяции.

Из условия задачи, согласно формуле Харди-Вайнберга, нам известна частота встречаемости генотипов AA и Aa, т.е. $p^2 + 2pq$ (см. рисунок выше). Необходимо определить генетическую структуру популяции - частоты генов, т.е. найти p и q .

Из формулы $p^2 + 2pq + q^2 = 1$ ясно, что число гомозиготных по рецессивному гену особей (aa) $q^2 = 1 - (p^2 + 2pq)$. Однако приведённое в задаче число больных (5 : 10 000) представляет собой не $p^2 + 2pq$, а лишь 50% носителей гена A, а истинное число людей, имеющих данный ген больше (5 : 0,5 = 10), т.е. 10 : 10 000 (учитываем пенетрантность!). Следовательно, $p^2 + 2pq = 10 : 10 000$

Тогда q^2 (число гомозиготных по рецессивному гену особей) равно

$$1 - (p^2 + 2pq) = 1 - 10 : 10000 = 0,999 \text{ или } 9990 : 10000.$$

Частота рецессивного аллеля q =

$$\sqrt{q^2} = \sqrt{0,999} = 0,9995$$

Частота доминантного аллеля $p = 1 - q = 1 - 0,9995 = 0,0005$.

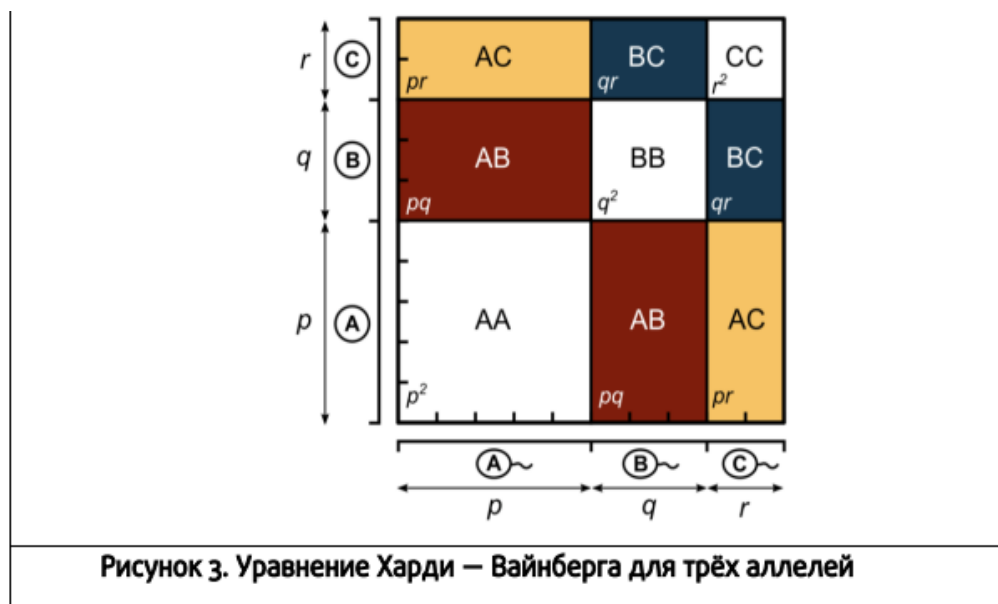
Ответ: генетическая структура популяции:

p (врождённый вывих бедра) = 0,0005 (0,05%)

q (норма) = 0,9995 (99,95%)

Как выглядит уравнение Харди-Вайнберга для трёхаллельного гена? Наконец, можно рассмотреть случаи, которые отклоняются от классического определения уравнения Харди-Вайнберга. Например,

представим себе, что имеется не два, а три аллеля. Такая ситуация часто встречается в естественных популяциях. Обозначим частоты этих аллелей как p , q и r . Тогда $p + q + r = 1$. Попробуем выразить равновесные частоты генотипов, используя принцип Харди–Вайнберга, считая организм диплоидным (рис. 3). Получается 6 генотипов со следующими частотами: $(p + q + r)^2 = p^2 + q^2 + r^2 + 2pq + 2pr + 2qr$. Генотип A_1A_1 A_2A_2 A_3A_3 A_1A_2 A_1A_3 A_2A_3 Частота p^2 q^2 r^2 $2pq$ $2pr$ $2qr$. Аналогично уравнение можно модифицировать и для большего количества аллелей. Схема будет такой же: сначала выписываются все квадраты аллельных частот, а затем все возможные удвоенные произведения.



1. В популяции кошек имеется серия множественных аллелей по гену C , определяющих окраску шерсти: C – серая окраска, C^I – сиамские кошки (светлая шерсть с более тёмным окрасом на лапах, морде, ушах и хвосте), C^{II} – альбиносы. Каждая из аллелей полно доминирует над следующей ($C \rightarrow C^I \rightarrow C^{II}$). Частота аллелей C и C^{II} в популяции животных соответственно составляет 0,9180 и 0,0072. Рассчитайте вероятность в (%) фенотипы животных по окрасу меха в популяции кошек.

Решение:

C – аллель гена серой окраски;

C^I – аллель гена сиамской кошки (светлая шерсть с более тёмным

окрасом на лапах, морде, ушах и хвосте);

СII –аллель гена отсутствия окраски меха (альбинос);

$$p(C) = 0,9180;$$

$$q(CII) = 0,0072.$$

1. Расчет частоты аллеля гена CI в популяции

В том случае, если ген в генофонде популяции представлен несколькими аллелями, например ген группы окраски меха у кошек представлен аллелями C, CI и CII, соотношение различных генотипов выражается формулой $[p(C) + q(CI) + r(CII)]^2$.

Зная частоты аллелей C и CII рассчитаем частоту аллели CI, получим:

$$p(C) + q(CI) + r(CII) = 1$$

$$\text{Тогда, } r(CI) = 1 - p(C) + q(CII) = 1 - (0,9180 + 0,0072) = 0,0748.$$

2. Расчет процентного содержания генотипов и фенотипов в популяции

2.1 Процентное содержание генотипов и фенотипов в популяции для гена с тремя аллелями рассчитаем по формуле Харди-Вайнберга: $(p + q + r)^2$.

$$\begin{aligned} [p(C) + q(CI) + r(CII)]^2 &= p^2(CC) + q^2(CICI) + r^2(CIICII) + 2pq(CCI) + 2pr(CCII) + \\ &+ 2qr(CICII) = [(0,9180)^2(CC)] + [(0,0748)^2(CICI)] + [(0,0072)^2(CIICII)] + \\ &+ 2[(0,9180 \cdot 0,0748)(CCI)] + 2[(0,9180 \cdot 0,0072)(CCII)] + 2[(0,0748 \cdot 0,0072)(CICII)] \\ &= [0,842724 \text{ или } 84,2724\%(CC)] + [0,00559504 \text{ или } 0,559504\%(CICI)] \\ &+ [0,00005184 \text{ или } 0,005184\% (CIICII)] + [0,1373328 \text{ или } 13,73328\% \\ &(CCI)] + [0,0132192 \text{ или } 1,32192\% (CCII)] + [0,00107712 \text{ или } 0,107712\%(CICII)]. \end{aligned}$$

Вероятность в (%) фенотипов животных по окрасу меха в популяции кошек следующая:

серая окраска меха –99,3276% (84,2724% + 13,73328% + 1,32192% = 99,3276%);

сиамские кошки –0,6672% (0,559504% + 0,107712% = 0,667216%);

альбиносы – 0,0052%.

Расщепление по фенотипу - 1:128:19101.

Таким образом, в популяции на одну кошку-альбиноса приходится 128 сиамских кошек и 19101 серых кошек.

2.2. В популяции людей доля гена I^A составляет 20%, доля гена I^B – 10%, доля гена I^0 – 70%. Определите долю (в %) людей со второй группой крови, если популяция находится в равновесии Харди-Вайнберга. В ответ запишите целое число (если число дробное, то округлите его до целого).

2.3. В некоторых научных статьях приводятся данные о распространении групп крови среди популяций человека. Например, среди пигмеев эти частоты выглядят следующим образом: I группа – 30,2%; II группа – 30,3%; III группа – 29,1%; IV группа – 10,4%. Определите частоту встречаемости в популяции пигмеев аллелей гена группы крови по системе АВ0.

Дано: Введем следующие обозначения:

- 1) Частота встречаемости аллеля А р
- 2) Частота встречаемости аллеля В q
- 3) Частота встречаемости аллеля 0 r

Решение: Воспользуемся формулами закона Харди-Вайнберга для множественного аллелизма: $p + q + r = 1$ $p^2 + q^2 + r^2 + 2pq + 2pr + 2qr = 1$

1) Определяем частоту встречаемости аллеля 0: $r^2 = 30,2\% = 0,302$ $r = 0,302 \approx 0,549 = 54,9\%$;

2) Находим генотипы II группы крови ($p^2 + 2pr$), III группы крови ($q^2 + 2qr$) и IV группы крови ($2pq$): $p^2 + 2pr = 30,3\% = 0,303$ (генотипы AA и A0) $q^2 + 2qr = 29,1\% = 0,291$ (генотипы BB и B0) $2pq = 10,4\% = 0,104$ (генотип AB);

3) Скомбинируем эти цифры в два варианта: $p^2 + 2pr + r^2 = (p + r)^2$ $q^2 + 2qr + r^2 = (q + r)^2$ 4).

Определяем р: По условию задачи первая величина $(p + r)^2$ равна $30,3\% + 30,2\% = 60,5\% = 0,605$. Отсюда находим $p + r = 0,605 \approx 0,778$ $p = 0,778 - r = 0,778 - 0,549 = 0,229 = 22,9\%$ 5) Аналогично определяем q: $(q + r)^2 = 29,1\% + 30,2\% = 59,3\% = 0,593$ $q + r = 0,593 \approx 0,770$ $q = 0,770 - r = 0,770 - 0,5493 = 0,221 = 22,1\%$

Выполняем проверку суммированием полученных значений p , q , r $p + q + r = 54,9\% + 22,9 + 22,1 = 99,9\%$ (отклонение от 100% объясняется приближением в вычислениях).

Ответ: в популяциях пигмеев частоты встречаемости аллелей гена группы крови по системе АВ0 составляют: А – 22,9%; В – 22,1%; 0 – 54,9%.

«Типичные ошибки при решении задач по генетике»

*Джалсанова Серафима Сергеевна,
учитель биологии
МБОУ «Элистинский лицей»
г.Элисты*

Генетика – наука точная. В ней есть законы и правила, которые можно проверить через задачи. Генетика дает возможность прогнозировать и анализировать передачу наследственных признаков. Для этого нужно уметь решать задачи по генетике. На первый взгляд, они кажутся легкими, решаются по алгоритму. Но все же, обучающиеся ошибаются, допускают недочеты, теряют баллы при оценивании результатов.

Углубленное изучение генетики в старшей школе Элистинского лицея осуществляется посредством учебного курса «Генетика» в рамках внеурочной деятельности. Опыт работы в классах химико-биологического профиля, а также работа в качестве ведущего эксперта предметной комиссии ЕГЭ по биологии по проверке и оцениванию выполнения заданий с развернутым ответом экзаменационных работ ЕГЭ позволяет выделить ряд типичных ошибок при решении генетических задач.

Задачи по генетике в явном виде представлены в заданиях **линии 4 части 1** и заданиях **линии 28 части 2** и относятся к **блоку III «Организм как биологическая система»**. Задания этого блока повышенного и высокого уровней сложности проверяют знания по онтогенезу и воспроизведению организмов, закономерностей наследственности и изменчивости, селекции организмов и методов биотехнологии. Блок представлен разнообразными

типами заданий: отдельно проверяется умение решать генетические задачи различного уровня сложности (**линии 4 и 28**).

Линия 4 (генетическая задача), уровень сложности (**Б**) базовый, оценивается в один первичный балл, но несмотря на базовый уровень сложности, средний процент выполнения составляет 68 (по итогам 2024г.)

ФИПИ опубликовал Методические рекомендации для учителей, подготовленные на основе анализа типичных ошибок участников ЕГЭ 2024 года. В.С. Рохлов и Р.А. Петросова отмечают, что на практике учителя биологии редко предлагают записать данные, составить план решения задачи (за исключением генетических задач), сформулировать аргументированный ответ. В результате обучающиеся начинают манипулировать приведенными в условии задачи фактами (данными), не пытаясь выстроить систему логических рассуждений. Поэтому обучающихся с самого начала следует учить обосновывать ход решения задачи, формулировать план решения, обосновывать выбор плана действий, объяснять описываемое явление или объект и значение полученных результатов (фактов), а также проверять правильность решения задачи. Для приобретения подобных навыков на уроках и внеурочной деятельности целесообразно использовать единый алгоритм рассуждений:

Далее авторами предлагаются алгоритмы рассуждений при решении биологических задач разных типов на примерах заданий ЕГЭ. Именно на примере №1 рассматривается алгоритм рассуждений и решения линии 4.

Пример 1

Определите соотношение фенотипов в потомстве от моногибридного скрещивания двух гетерозиготных организмов в случае полного доминирования. Ответ запишите в виде последовательности цифр, показывающих соотношение получившихся фенотипов, в порядке их убывания.

Ответ: _____.

Последовательность действий (алгоритм рассуждений, решения)

1. Определяем биологическое явление, описанное в задаче, – генетическое наследование признаков. Определяем перечень необходимых для решения понятий: «моногибридное скрещивание», «гетерозигота», «гомозигота», «фенотип», «генотип», «доминантный признак», «рецессивный признак».

2. Проводим анализ условия: скрещивание двух гетерозиготных организмов. Вводим буквенное обозначение признаков и записываем генотипы родителей согласно условию, используя генетическую символику: P , G , F . Составляем схему скрещивания и записываем гаметы.

$$\begin{array}{ccc} P & \text{♀ } Aa & \times & \text{♂ } Aa \\ G & A, a & & A, a \end{array}$$

3. Устанавливаем условия задачи, в которых происходит данное явление. Они корректны, достаточны и непротиворечивы.

4. Завершаем схему скрещивания, определяем генотипы предполагаемого потомства, выделяем генотипы с доминантным и рецессивным признаками.

$$F \qquad \underline{AA, Aa, Aa, aa}$$

5. Определяем соотношение генотипов (1:2:1) и фенотипов (3:1) в потомстве.

6. Записываем ответ (согласно требованиям условий задачи) – 31.

Обучающимся необходимо быть внимательными при прочтении условия задачи, в этом, несложном, на первый взгляд, задании могут быть «подвохи и подводные камни».

Ведь даже по этому скрещиванию можно задать много разных вопросов:

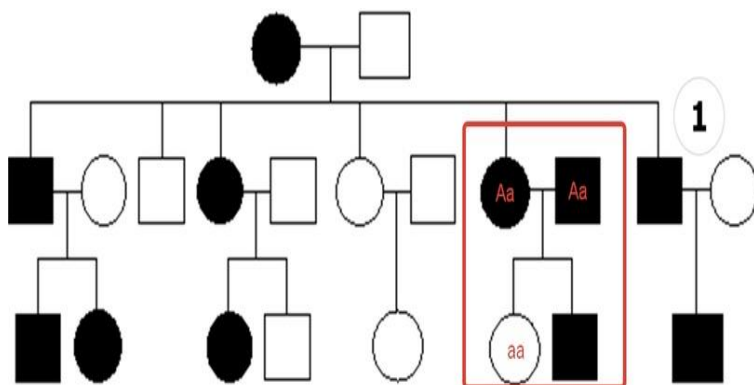
- соотношение потомков по фенотипу;
- количество разных фенотипов;
- количество разных генотипов;
- соотношение потомков по генотипу;
- доля потомков с доминантным признаком;
- доля потомков с рецессивным признаком;
- доля гомозигот в потомстве;
- доля гетерозигот в потомстве;
- доля потомков с таким же генотипом, как у родителей;
- доля потомков с таким же фенотипом, как у родителей;
- количество типов гамет, образуемых потомками и т.п.

Ответы на некоторые вопросы будут зависеть от того, полное или

неполное доминирование прописано в условии. Предлагаем ученикам не лениться и написать схему скрещивания и выделить, что нужно указать в ответе.

Таким образом, при ответе на них обучающиеся учатся читать схему, находить в ней нужные элементы. Если довести эти действия до автоматизма при решении простых задач на моногибридное скрещивание, то впоследствии, при решении более сложных задач, у обучающихся будет меньше ошибок в схемах и объяснениях.

При анализе родословной не руководствуйтесь принципом «признак есть у большинства особей, значит, доминантный». Ищите семью, где у родителей без признака есть ребенок с признаком (тогда признак рецессивный). Или наоборот, у родителей с признаком ребенок без признака, – тогда признак доминантный.



Линия 28. Решение задач по генетике на применение знаний в новой ситуации. Уровень сложности высокий (В), максимальный балл -3, средний процент выполнения – 33,2 (по итогам 2024г).

В задачах линии 28 обучающиеся допускают ошибки в определении типа наследования, которое должно найти отражение в решении задачи. Отсюда неверные схемы скрещивания. К генетическим задачам всегда необходимо составлять пояснение, которое должно включать в себя ответ на вопрос(если такой в задаче имеется) и общее описание происходящего в задаче. Именно формулировка пояснения вызывает затруднение у обучающихся (3 элемент ответа).

Не секрет, что задания в линии 28 с каждым годом усложняются. Появились новые сюжеты. Рассмотрим некоторые из них.

- 1) Наследование двух генов, сцепленных в аутосоме, и построение для них генетической карты;
- 2) Наследование двух генов, сцепленных в X-хромосоме;
- 3) Наследование двух генов, один из которых сцеплен с X хромосомой, а другой расположен в Y-хромосоме в псевдоаутосомном участке;
- 4) Голандрическое наследование признака.

**Дигенное аутосомное СЦЕПЛЕННОЕ наследование
(с кроссинговером и генкартами)**

- 1) Сцепление генов определяем по родителям в 1-м скрещивании

Если родители были ААВВ и аавв	Если родители были ААав и ааВВ
ЦИС-СЦЕПЛЕНИЕ	ТРАНС-СЦЕПЛЕНИЕ
Некроссоверные гаметы-РОДИТЕЛЬСКИЕ АВ и ав	Некроссоверные гаметы- РОДИТЕЛЬСКИЕ Ав и аВ
Кроссоверные гаметы Ави аВ	Кроссоверные гаметы АВ и ав

- 2) Если кроссоверных по 15 процентов (например), значит процент кроссинговера = 30 = расстояние в генкарте рисуем 30 морганид
- 3) Если всего кроссоверных или процент кроссинговера = 15, значит их по 7,5, расстояние между генами – 15 морганид.
- 4) Чтобы найти процент кроссинговера = расстояние между генами, нужно сумму 2-х малых цифр разделить на сумму всех 4-х цифр и умножить на 100.
- 5) Чтобы найти численность в штуках, проценты умножаем на общее количество особей.

**Типы генетических задач линии 28,
которые были представлены в КИМах ЕГЭ в 2024 году**

1) Наследование двух генов, сцепленных в аутосоме, и построение для них генетической карты

При скрещивании растения томата с нормальными листьями, овальными плодами и растения с пятнистыми листьями, округлыми плодами всё потомство получилось с нормальными листьями, округлыми плодами.

В анализирующем скрещивании гибридов первого поколения получилось четыре разные фенотипические группы потомков: 12, 20, 78, 90.

Составьте схемы скрещиваний. Укажите генотипы родительских особей и генотипы, фенотипы, количество каждой группы потомков в анализирующем скрещивании.

Постройте генетическую карту для указанных выше генов, укажите на ней местоположение каждого гена и расстояние между ними (в % кроссинговера), определите тип наследования генов указанных признаков.

1) P AAbb × aaBB
G Ab aB
F₁ AaBb – нормальные листья, округлые плоды;

2) анализирующее скрещивание

P AaBb × aabb
G AB, Ab, aB, ab ab
F₂

AaBb – нормальные листья, округлые плоды, 12 или 20;
Aabb – нормальные листья, овальные плоды, 78 или 90;
aaBb – пятнистые листья, округлые плоды, 90 или 78;
aabb – пятнистые листья, овальные плоды, 20 или 12;

3) $\frac{a}{\bullet} \frac{16\%}{\bullet} \frac{b}{\bullet}$, ИЛИ $\frac{A}{\bullet} \frac{16\%}{\bullet} \frac{B}{\bullet}$,
ИЛИ $\frac{a}{\bullet} \frac{16\%}{\bullet} \frac{B}{\bullet}$, ИЛИ $\frac{A}{\bullet} \frac{16\%}{\bullet} \frac{b}{\bullet}$.

Тип наследования генов – сцепленное наследование.

(Допускается генетическая символика изображения сцепленных генов в виде $\frac{\bullet}{\bullet} \frac{\bullet}{\bullet}$.)

Если в решении не определено сцепление генов и задача решена по схеме независимого наследования, за задание выставляется 0 баллов.

Элемент 2 засчитывается только при наличии и генотипов, и фенотипов, и количества каждой группы потомков

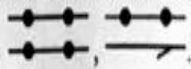
2) Наследование двух генов, сцепленных в X-хромосоме;(кроссинговер только женщин)

цис-сцепление

У человека аллели генов ихтиоза (заболевание кожи) и красно-зелёного дальтонизма находятся в одной хромосоме. Не имеющая указанных заболеваний женщина, у матери которой был ихтиоз и дальтонизм, а отец не имел указанных заболеваний, вышла замуж за мужчину-дальтоника.

Родившаяся в этом браке дочь-дальтоник вышла замуж за мужчину, не имеющего указанных заболеваний. В этом браке родился ребёнок с ихтиозом и дальтонизмом.

Составьте схемы решения задачи. Определите генотипы, фенотипы, пол возможного потомства в двух браках. Возможно ли в первом браке рождение ребёнка с ихтиозом и отсутствием дальтонизма? Ответ поясните.

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (правильный ответ должен содержать следующие позиции)		Баллы
Схема решения задачи включает: 1) $P \text{ } \text{♀} \text{ } X^{AD}X^{ad} \times \text{♂} \text{ } X^{Ad}Y$ здоровая кожа, здоровая кожа, отсутствие дальтонизма дальтонизм G $X^{AD}, X^{ad}, X^{AD}, X^{Ad}$ X^{Ad}, Y F₁ генотипы, фенотипы возможных дочерей: $X^{AD}X^{Ad}$ – здоровая кожа, отсутствие дальтонизма; $X^{ad}X^{Ad}$ – здоровая кожа, дальтонизм; $X^{AD}X^{ad}$ – здоровая кожа, отсутствие дальтонизма; $X^{Ad}X^{Ad}$ – здоровая кожа, дальтонизм; генотипы, фенотипы возможных сыновей: $X^{AD}Y$ – здоровая кожа, отсутствие дальтонизма; $X^{ad}Y$ – ихтиоз, дальтонизм; $X^{AD}Y$ – ихтиоз, отсутствие дальтонизма; $X^{Ad}Y$ – здоровая кожа, дальтонизм; 2) $\text{♀} \text{ } X^{Ad}X^{ad} \times \text{♂} \text{ } X^{AD}Y$ здоровая кожа, здоровая кожа, дальтонизм отсутствие дальтонизма; G X^{Ad}, X^{ad} X^{AD}, Y F₂ генотипы, фенотипы возможных дочерей: $X^{AD}X^{AD}$ – здоровая кожа, отсутствие дальтонизма; $X^{ad}X^{AD}$ – здоровая кожа, отсутствие дальтонизма; генотипы, фенотипы возможных сыновей: $X^{Ad}Y$ – здоровая кожа, дальтонизм; $X^{ad}Y$ – ихтиоз, дальтонизм;		
3) в первом браке возможно рождение сына с ихтиозом и отсутствием дальтонизма ($X^{ad}Y$). В генотипе этого ребёнка будут находиться материнская хромосома (X^{ad}), образовавшаяся в результате кроссинговера, и отцовская Y-хромосома, не содержащая аллелей этих двух генов. (Допускается генетическая символика изображения сцепленных генов в виде , —.) Элементы 1 и 2 засчитываются только при наличии и генотипов, и фенотипов, и пола всех возможных потомков		
Ответ включает в себя все названные выше элементы, не содержит биологических ошибок	3	
Ответ включает в себя два из названных выше элементов, которые не содержат биологических ошибок	2	
Ответ включает в себя один из названных выше элементов, который не содержит биологических ошибок	1	
Ответ неправильный	0	
Максимальный балл		3

3) Наследование двух генов, сцепленных в X-хромосоме; (кроссинговер только женщин)

Транс-сцепление

У женщин между аллелями генов отсутствия потовых желёз и красно-зелёного дальтонизма происходит кроссинговер. Женщина, не имеющая таких заболеваний, у дигомозиготной матери которой был дальтонизм, а у отца – отсутствие потовых желёз, вышла замуж за мужчину, не имеющего таких заболеваний.

Родившаяся в этом браке гомозиготная здоровая дочь вышла замуж за мужчину, не имеющего таких заболеваний.

В этой семье родился ребёнок-дальтоник.

Составьте схемы решения задачи.

Укажите генотипы родителей и генотипы, фенотипы, пол возможного потомства в двух браках.

Возможно ли в первом браке рождение больного этими двумя заболеваниями ребёнка? Ответ поясните.

Схема решения задачи включает следующие элементы:

$$1) P \begin{array}{c} \text{♀} \\ \text{X}^{\text{Ad}}\text{X}^{\text{aD}} \\ \text{G} \quad \text{X}^{\text{Ad}}, \text{X}^{\text{aD}}, \text{X}^{\text{AD}}, \text{X}^{\text{ad}} \\ \text{F}_1 \end{array} \times \begin{array}{c} \text{♂} \\ \text{X}^{\text{AD}}\text{Y} \\ \text{X}^{\text{AD}}, \text{Y} \end{array}$$

генотипы, фенотипы возможных дочерей:

$\text{X}^{\text{Ad}}\text{X}^{\text{AD}}$ – наличие потовых желёз, отсутствие дальтонизма;
 $\text{X}^{\text{aD}}\text{X}^{\text{AD}}$ – наличие потовых желёз, отсутствие дальтонизма;
 $\text{X}^{\text{AD}}\text{X}^{\text{AD}}$ – наличие потовых желёз, отсутствие дальтонизма;
 $\text{X}^{\text{ad}}\text{X}^{\text{AD}}$ – наличие потовых желёз, отсутствие дальтонизма;

генотипы, фенотипы возможных сыновей:

$\text{X}^{\text{Ad}}\text{Y}$ – наличие потовых желёз, дальтонизм;
 $\text{X}^{\text{aD}}\text{Y}$ – отсутствие потовых желёз, отсутствие дальтонизма;
 $\text{X}^{\text{AD}}\text{Y}$ – наличие потовых желёз, отсутствие дальтонизма;
 $\text{X}^{\text{ad}}\text{Y}$ – отсутствие потовых желёз, дальтонизм;

$$2) \begin{array}{c} \text{♀} \\ \text{X}^{\text{Ad}}\text{X}^{\text{AD}} \\ \text{G} \quad \text{X}^{\text{Ad}}, \text{X}^{\text{AD}} \\ \text{F}_2 \end{array} \times \begin{array}{c} \text{♂} \\ \text{X}^{\text{AD}}\text{Y} \\ \text{X}^{\text{AD}}, \text{Y} \end{array}$$

генотипы, фенотипы возможных дочерей:

$\text{X}^{\text{Ad}}\text{X}^{\text{AD}}$ – наличие потовых желёз, отсутствие дальтонизма;
 $\text{X}^{\text{AD}}\text{X}^{\text{AD}}$ – наличие потовых желёз, отсутствие дальтонизма;

генотипы, фенотипы возможных сыновей:

$\text{X}^{\text{Ad}}\text{Y}$ – наличие потовых желёз, дальтонизм;
 $\text{X}^{\text{AD}}\text{Y}$ – наличие потовых желёз, отсутствие дальтонизма;

3) в первом браке возможно рождение сына-дальтоника с отсутствием потовых желёз ($\text{X}^{\text{ad}}\text{Y}$). В генотипе этого ребёнка находятся материнская, образовавшаяся в результате кроссинговера X-хромосома с двумя рецессивными аллелями и отцовская Y-хромосома, не содержащая аллелей этих двух генов.

- 4) Наследование двух генов, один из которых сцеплен с X хромосомой, а другой расположен в Y-хромосоме в псевдоаутосомном участке.
(кроссинговер может быть и у мужчин, и у женщин)

На X- и Y-хромосомах человека существуют псевдоаутосомные участки, которые содержат аллели одного гена, и между ними может происходить кроссинговер. Один из таких генов вызывает формирование общей цветовой слепоты. Рecessивный аллель ихтиоза (заболевание кожи) наследуется сцепленно с X-хромосомой.

Женщина, имеющая общую цветовую слепоту и страдающая ихтиозом, родители которой имели нормальное цветовое зрение, вышла замуж за мужчину без этих заболеваний, мать которого страдала общей цветовой слепотой.

Родившаяся в этом браке дочь без указанных заболеваний вышла замуж за мужчину, страдающего общей цветовой слепотой, но не имеющего ихтиоза.

Составьте схемы решения задачи. Определите генотипы родителей и генотипы, фенотипы, пол возможного потомства. Возможно ли рождение в первом браке ребёнка, страдающего двумя названными заболеваниями? Ответ поясните.

Схема решения задачи включает следующие элементы:

1) $P \quad \text{♀} \quad X^{ab}X^{ab} \quad \times \quad \text{♂} \quad X^{aB}Y^A$
 $G \quad X^{ab} \quad \quad \quad X^{aB}, X^{AB}, Y^A, Y^a$
 F_1

генотипы, фенотипы возможных дочерей:

$X^{ab}X^{aB}$ – общая цветовая слепота, отсутствие ихтиоза;

$X^{ab}X^{AB}$ – нормальное цветовое восприятие, отсутствие ихтиоза;

генотипы, фенотипы возможных сыновей:

$X^{ab}Y^A$ – нормальное цветовое восприятие, ихтиоз;

$X^{ab}Y^a$ – общая цветовая слепота, ихтиоз;

2) $\text{♀} \quad X^{ab}X^{AB} \quad \times \quad \text{♂} \quad X^{aB}Y^a$
 $G \quad X^{ab}, X^{AB}, X^{aB}, X^{Ab} \quad \quad \quad X^{aB}, Y^a$
 F_2

генотипы, фенотипы возможных дочерей:

$X^{ab}X^{aB}$ – общая цветовая слепота, отсутствие ихтиоза;

$X^{AB}X^{aB}$ – нормальное цветовое восприятие, отсутствие ихтиоза;

$X^{aB}X^{aB}$ – общая цветовая слепота, отсутствие ихтиоза;

$X^{Ab}X^{aB}$ – нормальное цветовое восприятие, отсутствие ихтиоза;

генотипы, фенотипы возможных сыновей:

$X^{ab}Y^a$ – общая цветовая слепота, ихтиоз;

$X^{AB}Y^a$ – нормальное цветовое восприятие, отсутствие ихтиоза;

$X^{aB}Y^a$ – общая цветовая слепота, отсутствие ихтиоза;

$X^{Ab}Y^a$ – нормальное цветовое восприятие, ихтиоз;

3) в первом браке возможно рождение сына с общей цветовой слепотой и ихтиозом ($X^{ab}Y^a$). В генотипе этого ребёнка находятся материнская X-хромосома с двумя recessивными аллелями и отцовская Y-хромосома, образовавшаяся в результате кроссинговера.

5) Сцепление с У (голандрическое наследование).

Ген только на У-хромосоме, (как прицепили ген на У, так его и держим там всю задачу!).

Кроссинговер у мужчин (нопри отсутствии псевдоаутосомных участков, кроссинговера не было)

На Х- и Y-хромосомах человека существуют псевдоаутосомные участки, которые содержат аллели одного гена, и между ними может происходить кроссинговер. Один из таких генов вызывает аномалии в развитии кисти. Аллель гена образования перепонки между пальцами (перепончатые пальцы) наследуется голандрически (наследование по гетерогаметному полу).

Женщина с нормальным развитием кисти и нормальными пальцами вышла замуж за мужчину с аномалией развития кисти и перепончатыми пальцами, гомозиготная мать которого не имела аномалии в развитии кисти.

Родившаяся в этом браке дочь с аномалией развития кисти вышла замуж за мужчину без названных аномалий.

Определите генотипы родителей и генотипы, фенотипы, пол возможного потомства. Возможно ли рождение в первом браке ребенка с нормальным развитием кисти и перепонками между пальцами? Ответ поясните.

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (правильный ответ должен содержать следующие позиции)	Баллы
Схема решения задачи включает: 1) P ♀ $X^A X^A$ × ♂ $X^A Y^{Ab}$ G X^A X^A, X^A, Y^{Ab}, Y^{ab} F₁ генотипы, фенотипы возможных дочерей: $X^A X^A$ – нормальное развитие кисти, нормальные пальцы; $X^A X^A$ – аномалия развития кисти, нормальные пальцы; генотипы, фенотипы возможных сыновей: $X^A Y^{Ab}$ – аномалия развития кисти, перепончатые пальцы; $X^A Y^{ab}$ – нормальное развитие кисти, перепончатые пальцы; 2) ♀ $X^A X^A$ × ♂ $X^A Y^A$ G X^A, X^A X^A, Y^A F₂ генотипы, фенотипы возможных дочерей: $X^A X^A$ – аномалия развития кисти, нормальные пальцы; $X^A X^A$ – нормальное развитие кисти, нормальные пальцы; генотипы, фенотипы возможных сыновей: $X^A Y^A$ – аномалия развития кисти, нормальные пальцы; $X^A Y^A$ – нормальное развитие кисти, нормальные пальцы; 3) в первом браке возможно рождение сына с нормальным развитием кисти и перепончатыми пальцами ($X^A Y^{Ab}$). В генотипе этого ребенка находится материнская X^A-хромосома и кроссоверная отцовская Y^{Ab}-хромосома. (Допускается иная генетическая символика обозначения гена, который наследуется голандрически: Y^B, Y', а также обозначение Y^B и Y^b альтернативных аллелей в Y-хромосоме.	

Конечно, надо понимать, что при базовом уровне изучения биологии в старших классах просто физически недостаточно учебного времени для отработки умений решать все перечисленные варианты задач. И здесь ограничивает нас не только количество часов, но и содержание учебного материала, согласно федеральной образовательной программе и стандартам. При изучении биологии на углубленном уровне все перечисленные варианты задач являются обязательными для освоения, а вот задача на комплементарность, эпистаз и полимерию имеет смысл решать только в том случае, если ребята хорошо справляются с задачами на все вышеперечисленные темы.

Типичные ошибки обучающихся при решении задач

Первая ошибка: неверное буквенное обозначение признака. Красная окраска К, белая окраска Б и так далее. Или в X-хромосоме – Хк и Хб . Такие обозначения считаются грубой биологической ошибкой, так как демонстрируют незнание аллельности генов. (Аллельные гены обозначаются буквами латинского алфавита, причем гены, отвечающие за развитие альтернативных признаков, обозначаются одной буквой, прописной заглавной доминантный аллель, а строчной – рецессивный аллель).

Вторая ошибка: неверное написание гамет при дигибридном скрещивании: у особи AaBb гаметы правильно такие – АВ, Ab, aB, ab. Но встречаются и такие варианты, как А, а, В, в. Причем обучающиеся ухитряются при таком написании гамет верно определить генотипы и фенотипы потомства, но за такое написание гамет баллы будут снижены, так как нет понимания, что в одной гамете расположены хромосомы каждой пары.

Третий вид ошибок: неверно определяются аутосомные и сцепленные с полом признаки при решении обратных задач на наследование, сцепленное с полом. Как правило, в тексте задачи есть какая-либо подсказка, указание на то, что один из признаков сцеплен с полом, а при анализе схемы фенотипов надо внимательно изучать варианты расщепления в потомстве. Иногда

обучающиеся видят, что у них при введении обозначений получились необходимые по условию потомки и решают, что ввели обозначения правильно. Но оказывается, что при таких обозначениях образуется больше вариантов потомков, чем указано в условии, и задача оказывается решённой неверно.

Четвертый вид ошибок: при решении обратных задач на сцепленное наследование обучающиеся не принимают во внимание расщепление в потомстве, указанное в тексте задачи: четыре фенотипические группы, две из которых многочисленные, а две – малочисленные, и видят только четыре фенотипические группы. Решают такую задачу как дигибридное скрещивание с независимым наследованием признаков. Такая задача считается решенной полностью неверно и оценивается в 0 баллов.

Пятый вид ошибок: при решении задач на сцепленное наследование не указывают ни в схеме скрещиваний, ни в объяснении, что происходит кроссинговер. В схеме можно указать кроссоверные гаметы или в ответе пояснить, что такие-то генотипы образовались в результате нарушения сцепления при кроссинговере.

Для того чтобы справиться с генетическими задачами на ЕГЭ на отлично, нужны три вещи:

- 1) знать теорию;
- 2) отработать практику решения задач;
- 3) разобраться в правилах оформления и типах задач.

Источники информации:

1. Балабанова Т.Н. // Методика решения генетических задач на ЕГЭ. [Электронный ресурс] // URL: <http://oobelor.narod.ru/metod-kop/metod-ege-genet.pdf>

2. Крестьянинов В.Ю., Вайнер Г.Б. // «Сборник задач по генетике с решениями».

[Электронный ресурс] // URL: http://www.licey.net/bio/genetics/glava4_3

3. Кириленко А.А.// Биология. Сборник задач по генетике. Базовый, повышенный, высокий уровни ЕГЭ: учебно-методическое пособие. – Ростов н/Д: Легион, 2022. [Электронный ресурс] // URL: <http://www.biorepet-uфа.ru/reshenie-geneticheskix-zadach/digibridnoe-skreshhivanie.html>

Презентация сборника
«Этнопедагогика в предметах естественнонаучного цикла
(из опыта работы учителей г. Элисты)

*Джамбышева Байрта Алексеевна,
учитель химии
МБОУ «РНГ им. преподобного С. Радонежского»
г. Элисты*

1 ноября 2024 года на республиканском практико-ориентированном семинаре «Формирование естественнонаучной грамотности обучающихся при изучении раздела «Генетика» на уроках биологии состоялась презентация сборника «Этнопедагогика в предметах естественнонаучного цикла».

В сборник вошли статьи профессорско-преподавательского состава ФГБОУ ВО «КалмГУ им. Б.Б. Городовикова», учителей естественнонаучных дисциплин общеобразовательных организаций г.Элисты, учителей биологии, химии АНОО «Президентский лицей «Сириус» ФГТ Сириус г. Сочи Краснодарского края.

Материалы учебно-методического сборника «Этнопедагогика в предметах естественнонаучного цикла» отражают вопросы общей и частной методики обучения химии, вопросы методологии химии, а также вопросы организации учебного процесса обучения химии, нормативно-правовую документацию, современные подходы обучения химии в сравнительном аспекте. В сборнике представлен опыт работы учителей биологии, посвященный обнаружению азотфиксирующих бактерий, содержания

хлоридов в почве, исследование группового углеводородного состава нефти из различных месторождений Калмыкии.

В сборник включены следующие статьи: «Семья и брак у калмыков (XIX – начало XX вв.) / Воспитание детей в семье» (Шалхаков Д.Д, канд. ист. наук), «Химические элементы и вещества в калмыцком народном эпосе «Джангар»; «Технология УДЕ как способ формирования исследовательского мышления в химии»; «Традиционная калмыцкая кухня с точки зрения химии» (Джамбышева Б.А., учитель химии МБОУ «РНГ им. преп. С. Радонежского»), «Формирование экологического мышления на уроках химии в процессе знакомства с калмыцким фольклором»; «Химическая сказка «Почему калмыки больше ценят серебро, чем золото и платину»; «Изучение гендерных установок в структуре личности педагога»; «Минерально-сырьевая база добывающей промышленности Республики Калмыкия»; «Открытое внеклассное мероприятие в 8 классе по теме: «Строение атома элемента и периодический закон»; «Формирование экологического мышления у школьников в рамках внеурочного курса по химии» (Рыбакова А.В., учитель биологии, химии АНОО «Президентский лицей «Сириус» ФГТ Сириус), «Экологический туризм по просторам Калмыкии как предмет для вдохновения и творчества» (Манджиева А.Н., учитель географии, Зодьбинова Б.В., учитель литературы МБОУ «РНГ им. преп. С. Радонежского»), «Личностное понимание числа, как феномена, позволяющего сделать мир более осмысленным и интересным» (Манжаева С.Н., учитель математики МБОУ «СОШ №10»), «Методика составления химических задач в средней школе»; «Определение хлоридов в почве» (Гогаева Б.Л., учитель химии МБОУ «СОШ №10»), «Анализ эффективности использования фильтра «Барьер» для очистки водопроводной воды г. Элисты» (Шураева Е.В., ученица 11 класса «КНГ им. Кичикова А.Ш.», рук. Рыбакова А.В., учитель биологии, химии АНОО «Президентский лицей «Сириус» ФГТ Сириус), «Поиск азотфиксирующих бактерий в почвах РК» (Иванова Б.К., учитель биологии МБОУ «РНГ им. преп. С.Радонежского»), «Решение задач по теме

«Алканы»; «Технологическая карта урока «Расчёты по уравнениям химических реакций»; «Технологическая карта урока: Решение задач по теме «Алканы» (Мацак О.В., учитель химии МБОУ «Элистинский лицей»), «Природные источники УВ в РК» (Бадмаев Ч.М., к.х.н., доцент кафедры химии и фармацевтической технологии медицинского факультета ФГБОУ ВО «КалмГУ им. Б.Б. Городовикова».

Материалы сборника «Этнопедагогика в предметах естественнонаучного цикла» представляют интерес для руководителей методических объединений учителей химии и биологии, физики и математики, литературы, бакалавров, магистрантов и аспирантов, а также для широкого круга читателей, интересующихся историей родного края.

