

Решение трудных заданий ЕГЭ по биологии.

Гаврилова Татьяна Витальевна,
учитель биологии высшей категории МБОУ
Печерская СШ
Смоленского района Смоленской области,

Основные вопросы

- Общие методические подходы к решению биологических задач.
- Алгоритмы решения задач различных типов.
- Особенности оценивания заданий с развёрнутым ответом.



Результаты ЕГЭ по биологии 2024. Часть 2.

№ задания	Проверяемые элементы содержания / умения	Уровень сложности задания	Средний % выполнения
22	Применение биологических знаний в практических ситуациях, анализ экспериментальных данных (методология эксперимента)	П	41,36
23	Применение биологических знаний в практических ситуациях, анализ экспериментальных данных (выводы по результатам эксперимента и прогнозы)	В	26,04
24	Задание с изображением биологического объекта	В	22,31
25	Обобщение и применение знаний о человеке и многообразии организмов	В	15,84
26	Обобщение и применение знаний по общей биологии (клетке, организму, эволюции органического мира и экологических закономерностях) в новой ситуации	В	13,54
28	Решение задач по цитологии на применение знаний в новой ситуации	В	32,51
29	Решение задач по генетике на применение знаний в новой ситуации	В	32,90

Что считать успехом на экзамене?

- Успех учащегося – это подтверждение его успеваемости за весь период обучения предмету «Биология» в ходе сдачи экзамена.

Правильно оценивать
обучающихся

Проводить целенаправленную
подготовку



Ступени успеха



Успех

Изучение требований к оцениванию определённого вида задания.

Освоение алгоритмов выполнения разного вида задания.

Освоение умения многоаспектного рассмотрения объектов и процессов (структурно-функциональный, эволюционный, экологический).

Освоение умения интегрировать знания, использовать межпредметные связи.

Освоение полного объёма знаний, умение их применить в новой ситуации.

Функциональная грамотность

- Освоение текстов биологического содержания и применение базовых естественнонаучных знаний (*читательская и естественнонаучная грамотность*)
- Применение математических понятий и алгоритмов, логических действий в контексте естественнонаучного содержания (*математическая грамотность*).
- Владение методами научного познания: проведение наблюдений, выдвижение гипотез, планирование эксперимента и проведение измерений, анализ результатов (*естественнонаучная грамотность*)
- Использование текстов, заданий, требующих творческого подхода, нестандартных, оригинальных идей (*креативное мышление*).



Читательская грамотность

- Компетенции (умения):
 - Находить и извлекать информацию.
 - Интегрировать и интерпретировать информацию.
 - Осмысливать и оценивать содержание и форму текста.
 - Использовать информацию из текста.

26 Амиши – религиозная группа людей, которые в настоящее время проживают в виде закрытых общин преимущественно на территории США и Канады. Культура амишей позволяет заключать брак только с представителями своей общины. Известно, что американские популяции амишей сформировались в результате миграции примерно 5000 швейцарцев в 1800-х годах. К 2020 году численность амишей в США и Канаде превысила 350 тысяч человек.

Рецессивное заболевание (синдром Ангельмана), выраженное в нарушении психического развития, встречается в популяции амишей с частотой один случай на 620 человек. В то же время в целом по человеческой популяции данное заболевание встречается с частотой один случай на 15 000 человек. Какой эволюционный фактор способствовал увеличению частоты встречаемости этого заболевания в популяции амишей? Ответ поясните, исходя из основных положений синтетической теории эволюции. Почему за долгое время существования в США частота этого заболевания среди амишей не уменьшилась?

ДЫХАНИЕ РАСТЕНИЙ И ФОТОСИНТЕЗ

У растений дыхание происходит всеми органами, тканями и клетками. Для дыхания они используют атмосферный кислород, проникающий через устьица листьев и стелющиеся побеги, а также чечевички древесных стволов. Кроме того, растения для дыхания выделяют кислород, образующийся в результате фотосинтеза. Дышат растения и днём, и ночью. Днём для дыхания используется в основном атмосферный кислород, а ночью, когда устьица закрыты – кислород, накопленный в листьях в процессе фотосинтеза. Поступающий при дыхании кислород окисляет различные в растении органические вещества до углекислого газа и воды. При этом освобождается заключённая в органических веществах энергия, которая расходуется растениями для роста, развития и размножения. Образующийся при дыхании растений углекислый газ удаляется через устьица, чечевички, через всю поверхность молодых ветвей.

Дыхание растений – процесс противоположный фотосинтезу. Фотосинтез происходит главным образом в листьях растений, в которых расположена основная фотосинтезирующая ткань. Её клетки содержат хлоропласты с зелёным пигментом – хлорофиллом, способным улавливать свет. В процессе фотосинтеза из углекислого газа и воды на свету в хлоропластах клеток образуется глюкоза. Синтезируемые в процессе фотосинтеза органические вещества используются растениями для питания и синтеза других органических веществ: жиров, белков, витаминов и гормонов. Все эти органические вещества идут на построение тела растения, а также откладываются в запасных тканях и используются при дыхании. Побочным продуктом фотосинтеза является свободный кислород. Он образуется в процессе фотосинтеза и выделяется растениями в окружающую среду.

Используйте содержание текста «Дыхание растений и фотосинтез» и знания из школьного курса биологии, чтобы ответить на следующие вопросы.

- 1) В каких клетках происходит процесс дыхания?
- 2) Какова роль кислорода в процессе фотосинтеза?
- 3) На что затрачивается энергия, освобождённая в процессе дыхания?

Авторская разработка
Ирина Александровна
Савельева

Математическая грамотность

• Компетенции:

- применять математические понятия, факты, процедуры;
- интерпретировать, использовать и оценивать математические результаты;
- рассуждать (над формулированием, над решением, над результатом).

Задачи на закон Харди-Вайнберга

- Два учёных — английский математик Г. Харди и немецкий медик и статистик В. Вайнберг в 1908 году одновременно и независимо друг от друга открыли математическую зависимость между частотами аллелей втосомных генов и частотами генотипов.
- Частоту встречаемости гамет с доминантным аллелем **A** обозначают **p**, а частоту встречаемости гамет с рецессивным аллелем **a** — **q**.
- Частоты этих аллелей в популяции выражаются формулой **p + q = 1** (или 100%).
- Харди и Вайнберг, суммируя данные о частоте генотипов, образующихся в результате равновероятной встречаемости гамет, вывели формулу частоты генотипов в панмиктической популяции:

$$AA + 2Aa + aa = 1$$
$$p^2 + 2pq + q^2 = 1$$



Гарди Харолд Харди
(1877-1947)
английский математик



Вайнберг Вильгельм
(1862-1937)
немецкий врач

Линия 26 ОГЭ по биологии.

Тринадцатилетний Николай вместе со своими родителями вечером посетил кафе быстрого питания. Масса тела Николая составляет **56 кг**.

- 1) Какова рекомендуемая калорийность ужина Николая с учётом того, что подросток питается 4 раза в день?
- 2) Какова суточная потребность Николая в белках?
- 3) Чем определяется энергетическая ценность продуктов?

Возраст, лет	Белки, г/кг	Жиры г/кг	Углеводы, г	Энергетическая потребность, ккал
7-10	2,3	1,7	330	2550
11-15	2,0	1,7	375	2900
Старше 16	1,9	1,0	475	3100

Первый завтрак	Второй завтрак	Обед	Ужин
14%	10%	30%	10%

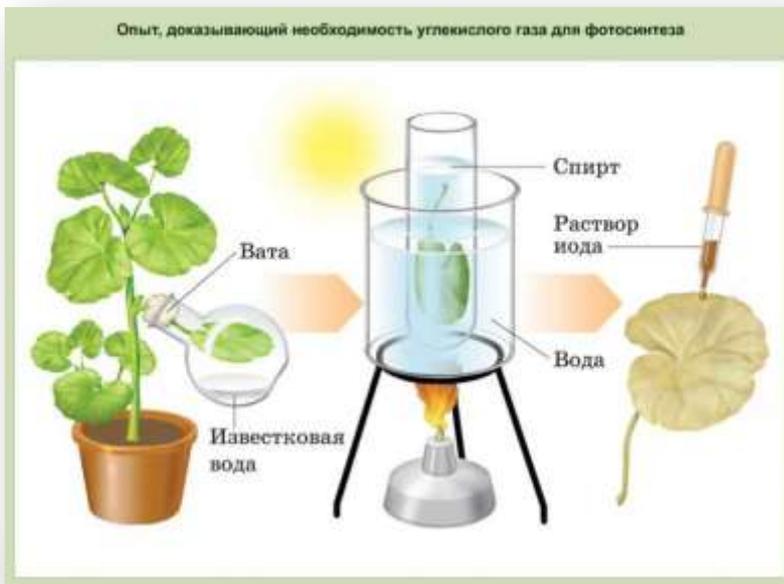
Ответ:

- 1) $2900 \times 0,18 = 522$ ккал. Рекомендуемая калорийность ужина Николая 522 ккал.
- 2) $2 \text{ г/кг} \times 56 \text{ кг} = 112 \text{ г}$. Суточная потребность Николая в белках равна 112 г.

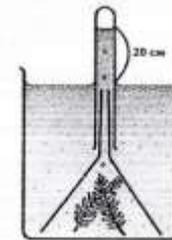
Естественнонаучная грамотность

• Компетенции

- Научно объяснять явления.
- Понимать основные особенности естественнонаучного исследования.
- Интерпретировать данные и использовать научные доказательства для получения выводов.



22 Ученикам был проведен эксперимент с водным растением элодеи. В три колпачковые воронки помещались по 10 одинаковых веточек этого растения. Воронки погружались на дно трёх аквариумов, поверх воронки устанавливались пробирки с водой, как показано на рисунке. Каждый аквариум освещался в течение 1 ч светом определенной длины волны (420 нм, 550 нм и 670 нм), после чего измерялся уровень воды в пробирках. Результаты приведены в таблице.



Длина световой волны, нм	Уровень воды в пробирке, см
420	16,5
550	18,1
670	15,8

Какой параметр был задан экспериментатором (независимая переменная), и какой параметр менялся в зависимости от заданного (зависимая переменная)? Каков диапазон длин световой волны оптимальных для фотосинтеза у элодеи? Ответ поясните, опираясь на результаты эксперимента.

Как формировать функциональную грамотность?

- Формируем компетенции у обучающихся:
 - 1) применять приобретённые знания и умения в ситуациях жизненного характера
 - 2) самостоятельно осваивать новые знания и умения.

Компетенция учителя:
рубрикация/подбор/
разработка заданий на
УУД, применение на
каждом уроке заданий на
функциональную
грамотность



Анализ заданий ЕГЭ на основе кодификатора и спецификации



Порядковый номер задания	Проверяемые элементы содержания и форма представления задания	Коды проверяемых элементов содержания (по кодификатору)	Коды требований к предметным результатам обучения (КТ по кодификатору)	Уровень сложности	Макс. балл за выполнение задания
<i>Блок заданий 13–16: «Организм человека и его здоровье»</i>					
13	Организм человека. <i>Задание с рисунком</i>	5.1–5.7	7	Б	1
14	Организм человека. <i>Установление соответствия</i>	5.1–5.7	5	П	2

- **Линия 13**
- Тип задания: задание с рисунком.
- *Базовый уровень.*
- Проверяемые элементы содержания: раздел по кодификатору 5.1 -5.7 «Организм человека и его здоровье».
- Требования к предметным результатам (по кодификатору): *7-сформированность умения выделять существенный признаки.*

Этапы решения задач



- Каждая биологическая задача состоит из таких основных частей:
 - условие задачи
 - вопрос, на который необходимо дать ответ.
- Кроме этого, в ней обязательно есть определенная система взаимосвязанных элементов. Характер этих связей и определяет структуру задачи и способы ее решения.
- В процессе решения задачи выделяют определенные этапы.
 - ✓ Анализ задачи, выявления того, что дано и что найти, на какие вопросы нужно получить ответы.
 - ✓ Поиск способа решения задачи.
 - ✓ Решение и оформление задачи.
 - ✓ Проверка и ответ.
- Контроль и оценка, сопоставление с эталоном ответа.

Линия 22



- *Тип задания:* применение биологических знаний и умений в практических ситуациях, анализ экспериментальный данных (методология эксперимента)
- ***Повышенный уровень.***
- Элементы содержания: все разделы биологии (КЭС по кодификатору 1.1-7.5).
- Требования к уровню подготовки (по кодификатору): ***владеть системой знаний*** об основных методах научного познания, уметь объяснить и анализировать экспериментальные данные.

Понятие о зависимой и независимой переменной. Планирование эксперимента. Постановка и проверка гипотез. Нулевая гипотеза. Отрицательный контроль. Понятие выборки и её достоверность. Разброс в биологических данных. Оценка достоверности полученных результатов. Причины искажения результатов эксперимента.

Линия 23

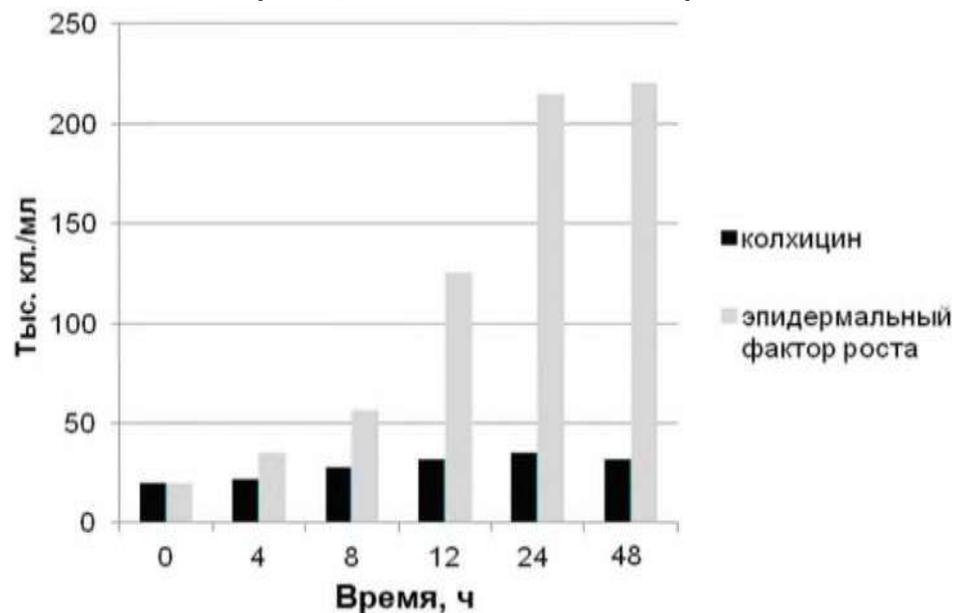
- *Тип задания:* оценка результатов и выводов по эксперименту.
- ***Высокий уровень.***
- Элементы содержания: все разделы биологии (КЭС по кодификатору 1.1-7.6).
- Требования к результатам (по кодификатору): ***уметь объяснять и анализировать*** экспериментальные данные.

- выявление зависимости между исследуемыми величинами,
- объяснение полученных результатов и формулирование выводов с использованием научных понятий, теорий и законов.

Задание линии 22. Отрицательный контроль

- Прочитайте описание эксперимента и выполните задания 22 и 23.
- Экспериментатор решил изучить процессы деления эпидермальных клеток мыши (*Mus musculus*). Для этого он измерял количество клеток в питательной среде при добавлении колхицина или эпидермального фактора роста. Результаты представлены на диаграмме.
- В качестве отрицательного контроля экспериментатор выдерживал (инкубировал) клетки в физиологическом растворе. Почему такой отрицательный контроль не является адекватным? Ответ поясните. Предложите свой вариант постановки отрицательного контроля.

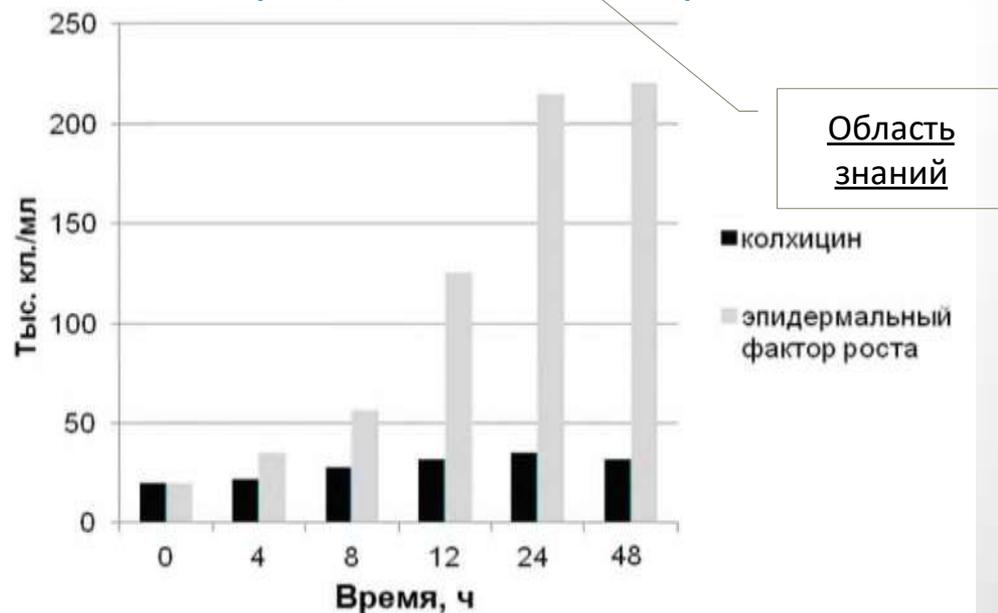
* Отрицательный контроль - это экспериментальный контроль (опыт), при котором изучаемый объект не подвергается экспериментальному воздействию при сохранении всех остальных условий.



Задание линии 22. Отрицательный контроль

- Прочитайте описание эксперимента и выполните задания 22 и 23.
- Экспериментатор решил изучить процессы деления эпидермальных клеток мыши (*Mus musculus*). Для этого он измерял количество клеток в питательной среде при добавлении колхицина или эпидермального фактора роста. Результаты представлены на диаграмме.
- В качестве отрицательного контроля экспериментатор выдерживал (инкубировал) клетки в физиологическом растворе. Почему такой отрицательный контроль не является адекватным? Ответ поясните. Предложите свой вариант постановки отрицательного контроля.

* Отрицательный контроль - это экспериментальный контроль (опыт), при котором изучаемый объект не подвергается экспериментальному воздействию при сохранении всех остальных условий.



Задание линии 22. Отрицательный контроль

- Почему такой отрицательный контроль не является адекватным?
Ответ поясните. Предложите свой вариант постановки отрицательного контроля.

Элементы ответа:

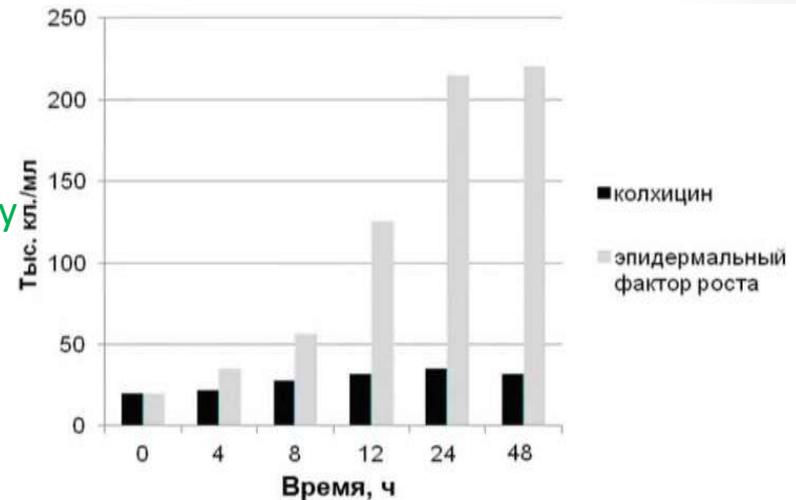
1) физиологический раствор отличается по составу от питательной среды
ИЛИ

1) в физиологическом растворе клетки могут делиться с иной скоростью, чем в питательной среде (погибнут);

2) зависимость между добавлением препаратов колхицина или эпидермального фактора роста и количеством клеток (скоростью деления клеток) не удастся установить в явном виде;

3) следует инкубировать клетки в питательной среде (без добавления колхицина и эпидермального фактора роста);

4) остальные параметры (тип клеток, состав питательной среды, температуру инкубации) оставить прежними.



За дополнительную информацию, не имеющую отношения к вопросу задания, баллы не начисляются, но за наличие в ней ошибок снимается 1 балл

Ответ включает в себя все названные выше элементы и не содержит биологических ошибок	3
Ответ включает в себя три из названных выше элементов, которые не содержат биологических ошибок	2
Ответ включает в себя два из названных выше элементов, которые не содержат биологических ошибок	1
Все иные ситуации, не соответствующие правилам выставления 3, 2 и 1 балла	0
<i>Максимальный балл</i>	<i>3</i>

Работа ученика

Ответ включает в себя все названные выше элементы и не содержит биологических ошибок	3
Ответ включает в себя три из названных выше элементов, которые не содержат биологических ошибок	2
Ответ включает в себя два из названных выше элементов, которые не содержат биологических ошибок	1
Ситуации, не соответствующие правилам выставления 3,	0
Максимальный балл	3

22. 1) Физиологический раствор не содержит в себе питательных веществ ?
 2) Без питательной среды у клеток теряется возможность нормально развиваться из-за отсутствия необходимых для этого веществ ?
 3) Отрицательный контроль – следует поместить эпидермальные клетки лилии в раствор с питательной средой без добавления колхицина или эпидермального фактора роста. +
 4) Остальные параметры следует оставить без изменений. +
 5) Такой контроль позволяет установить, действительно ли колхицин и эпидермальный фактор роста оказывают влияние на процесс деления клеток. +

Элементы ответа:

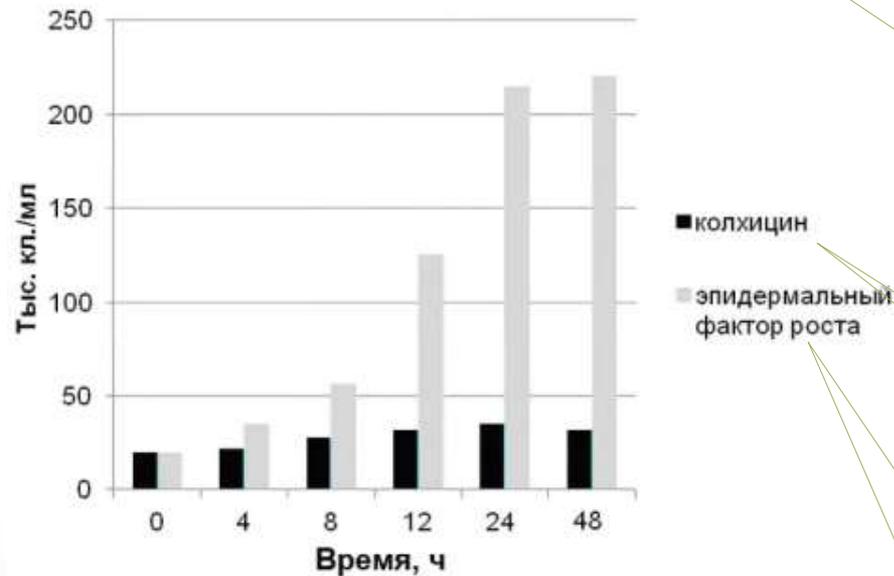
- 1) физиологический раствор отличается по составу от питательной среды
ИЛИ
- 1) в физиологическом растворе клетки могут делиться с иной скоростью, чем в питательной среде (погибнут);
- 2) зависимость между добавлением препаратов колхицина или эпидермального фактора роста и количеством клеток (скоростью деления клеток) не удастся установить в явном виде;
- 3) следует инкубировать клетки в питательной среде (без добавления колхицина и эпидермального фактора роста);
- 4) остальные параметры (тип клеток, состав питательной среды, температуру инкубации) оставить прежними.

Оценка – 2 балла



Задание линии 23.

- Чем можно объяснить наблюдаемые в эксперименте различия в воздействии препаратов на деление клеток? Известно, что ускорение клеточного деления происходит за счёт интерфазы. Какой период интерфазы не подвергается сокращению по времени в здоровых клетках? Ответ аргументируйте.



Экспериментатор решил изучить процессы деления эпидермальных клеток мыши (*Mus musculus*).

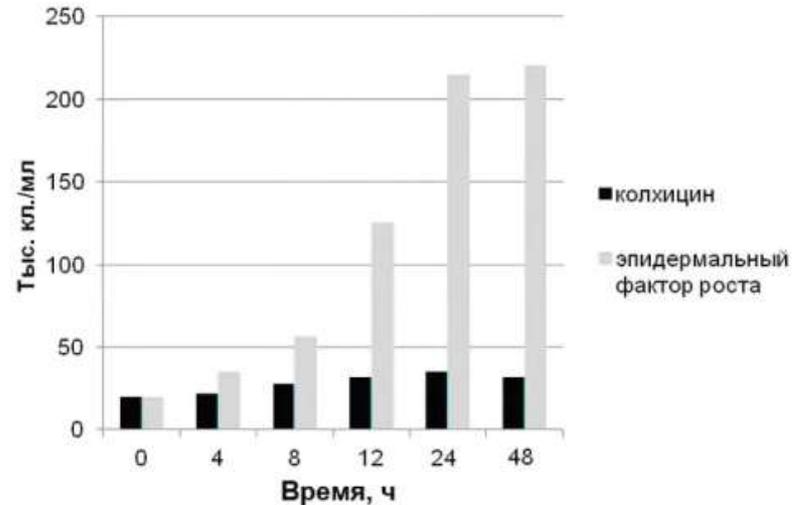
Клеточный цикл, его периоды и регуляция. Интерфаза и митоз. Особенности процессов, протекающих в интерфазе. Подготовка клетки к делению. Пресинтетический, синтетический и постсинтетический периоды

Читательская грамотность.

Селекция. Получение полиплоидов.

Задание линии 23.

- Чем можно объяснить наблюдаемые в эксперименте различия в воздействии препаратов на деление клеток? Известно, что ускорение клеточного деления происходит за счёт интерфазы. Какой период интерфазы не подвергается сокращению по времени в здоровых клетках? Ответ аргументируйте.



Элементы ответа:

- 1) клетки в присутствии колхицина медленнее делятся (не делятся);
- 2) колхицин разрушает веретено деления клеток (микротрубочки в клетках)
ИЛИ
- 2) колхицин препятствует полимеризации (образованию) микротрубочек в клетках;
- 3) эпидермальный фактор роста стимулирует деление клеток
ИЛИ
- 3) эпидермальный фактор роста не влияет на деление клеток;
- 4) синтетический период (S);
- 5) в синтетический период интерфазы происходит репликация (удвоение ДНК, синтез ДНК).

Работа ученика

23. 1) колхицин - вещество, которое оказывает **-** ингибирующее воздействие на утолщение клеточного центра и образование нитей веретена деления **+**
- 2) Из-за разрушения нитей веретена деления скорость деления клеток, обработанных колхицином, будет отставать от скорости деления здоровых клеток **+**
- 3) В здоровых клетках сокращению не подвергается постмитотический период интерфазы **-**
- 4) Во время этого периода происходит утолщение клеточного центра и начинается подготовка к формированию нитей веретена деления
- 5) Из-за отсутствия колхицина в питательной среде скорость этого периода будет нормальной **-**

Элемент ответа содержит верную и неверную позиции

Нет ответа о влиянии фактора роста

Оценка – 1 балл

Элементы ответа:

- 1) клетки в присутствии колхицина медленнее делятся (не делятся);
- 2) колхицин разрушает веретено деления клеток (микротрубочки в клетках)

ИЛИ

- 2) колхицин препятствует полимеризации (образованию) микротрубочек в клетках;
- 3) эпидермальный фактор роста стимулирует деление клеток

ИЛИ

- 3) эпидермальный фактор роста не влияет на деление клеток;
- 4) синтетический период (S);
- 5) в синтетический период интерфазы происходит репликация (удвоение ДНК, синтез ДНК).



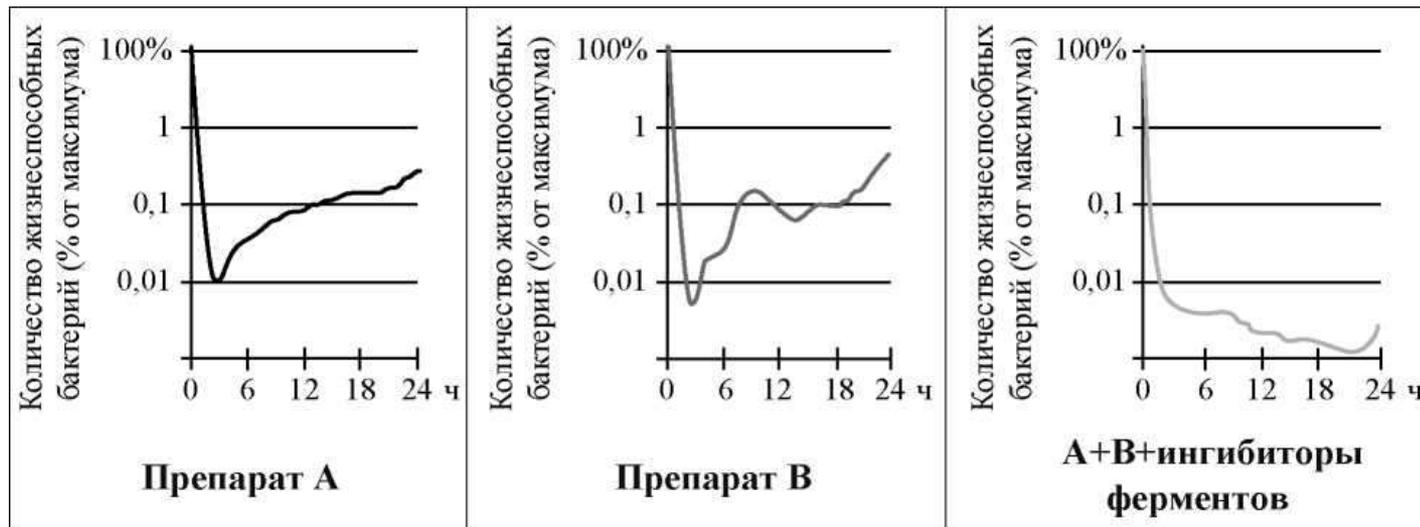
Ответ включает в себя все названные выше элементы и не содержит биологических ошибок	3
Ответ включает в себя три-четыре из названных выше элементов, которые не содержат биологических ошибок	2
Ответ включает в себя два из названных выше элементов, которые не содержат биологических ошибок	1
Все иные ситуации, не соответствующие правилам выставления 3, 2 и 1 балла	0

Задание линии 22. Нулевая гипотеза.

Экспериментаторы исследовали эффективность действия антибактериальных препаратов А, В и их комбинации с ингибиторами ферментов бактерий. Препараты добавляли в бактериальную культуру и оценивали изменение количества жизнеспособных бактерий в течение 24 ч.

Результаты представлены на графиках ниже.

Какую нулевую гипотезу* смог сформулировать исследователь перед постановкой эксперимента? Почему во всех сериях экспериментов бактерии выращивали в среде, имеющей одинаковый состав? Почему результаты эксперимента могут быть недостоверными, если использовать разные виды бактерий?



* *Нулевая гипотеза* - принимаемое по умолчанию предположение, что не существует связи между двумя наблюдаемыми событиями, феноменами.

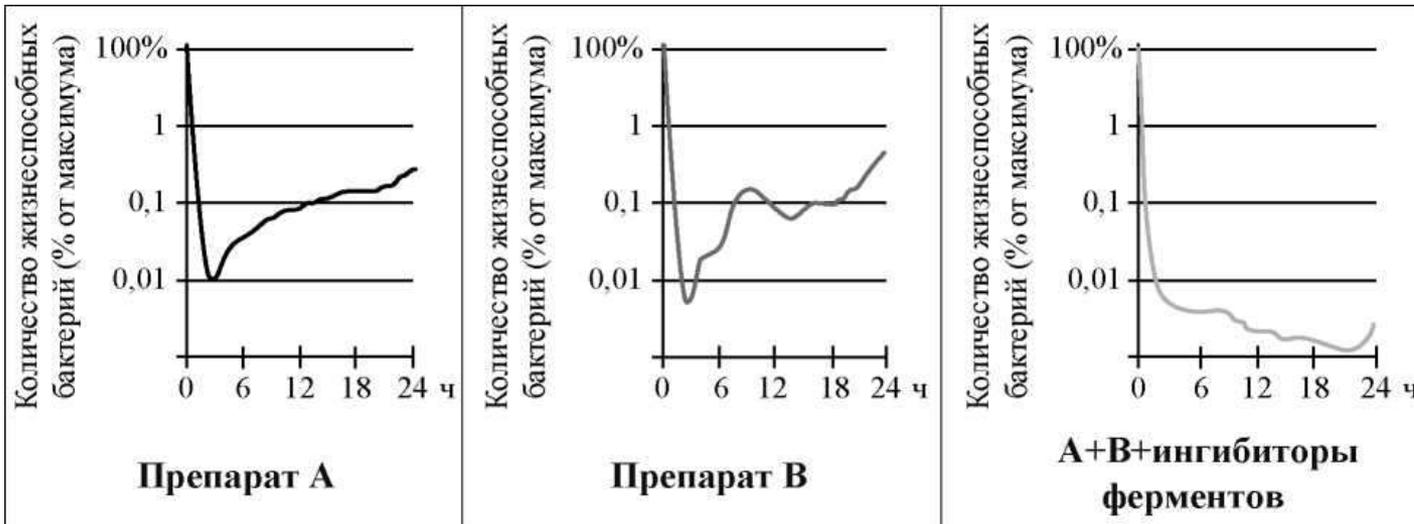
Задание линии 22. Нулевая гипотеза.

Экспериментаторы исследовали эффективность действия антибактериальных препаратов А, В и их комбинации с ингибиторами ферментов бактерий. Препараты добавляли в бактериальную культуру и оценивали изменение количества жизнеспособных бактерий в течение 24 ч.

Результаты представлены на графиках ниже.

Какую нулевую гипотезу* смог сформулировать исследователь перед постановкой эксперимента? Почему во всех сериях экспериментов бактерии выращивали в среде, имеющей одинаковый состав? Почему результаты эксперимента могут быть недостоверными, если использовать разные виды бактерий?

антибактериальные препараты, ингибиторы ферментов



Задание линии 22. Нулевая гипотеза.

Какую нулевую гипотезу* смог сформулировать исследователь перед постановкой эксперимента? Почему во всех сериях экспериментов бактерии выращивали в среде, имеющей одинаковый состав? Почему результаты эксперимента могут быть недостоверными, если использовать разные виды бактерий?

Элементы ответа:

1) добавление препаратов (и их комбинаций с ингибиторами) не влияет на (не снижает) количество жизнеспособных бактерий

ИЛИ

1) тип используемых (добавляемых) препаратов не влияет на количество жизнеспособных бактерий;

2) состав среды может влиять на чувствительность бактерий к препаратам

ИЛИ

2) состав среды может влиять на размножение (рост, жизнедеятельность) бактерий;

3) разные виды бактерий могут иметь различную чувствительность к препаратам

ИЛИ

3) разные виды бактерий могут иметь различную скорость размножения;

4) зависимость между применением антибактериальных препаратов и количеством жизнеспособных бактерий (антибактериальный эффект) не удастся установить в явном виде.

Работа ученика

N 22

- 1) Нулевая гипотеза - антибактериальные препараты не влияют на кол-во жизнеспособных бактерий + в популяции
- 2) Бактерии выращиваем в одной среде, для того, чтобы у всех были одинаковые условия и при-стопления. -
- 3) Если использовать разные виды бактерий, то возможна разная реакция на препараты. Из-за этого не удастся установить явную зависимость препаратов на бактерии. +

Оценка – 2 балла

Ответ включает в себя все названные выше элементы и не содержит биологических ошибок	3
✓ Ответ включает в себя три из названных выше элементов, которые не содержат биологических ошибок	2
Ответ включает в себя два из названных выше элементов, которые не содержат биологических ошибок	1
Все иные ситуации, не соответствующие правилам выставления 3, 2 и 1 балла	0
Максимальный балл	3

Элементы ответа:

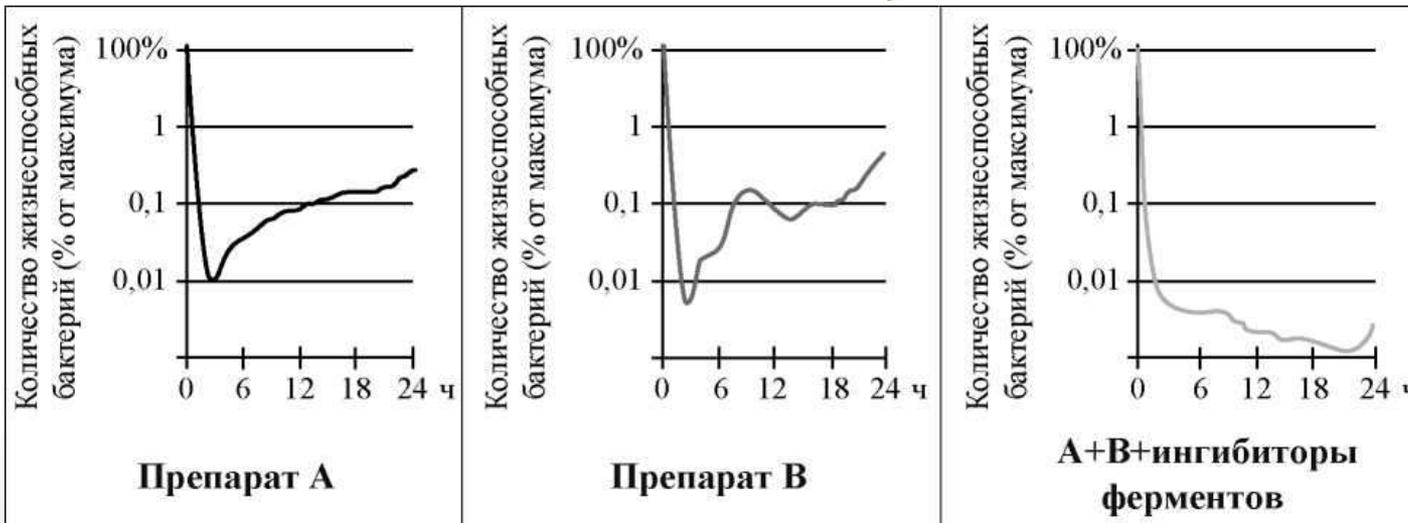
- 1) добавление препаратов (и их комбинаций с ингибиторами) не влияет на (не снижает) количество жизнеспособных бактерий ИЛИ
- 1) тип используемых (добавляемых) препаратов не влияет на количество жизнеспособных бактерий;
- 2) состав среды может влиять на чувствительность бактерий к препаратам ИЛИ
- 2) состав среды может влиять на размножение (рост, жизнедеятельность) бактерий;
- 3) разные виды бактерий могут иметь различную чувствительность к препаратам ИЛИ
- 3) разные виды бактерий могут иметь различную скорость размножения;
- 4) зависимость между применением антибактериальных препаратов и количеством жизнеспособных бактерий (антибактериальный эффект) не удастся установить в явном виде.

Задание линии 23.

- Используя полученные данные, предположите, с какой частотой следует вносить препараты А, В и их комбинацию с ингибиторами ферментов бактерий для достижения наибольшего антибактериального эффекта. Ответ поясните. Почему через некоторое время количество жизнеспособных бактерий начинает расти, если учесть, что устойчивость к препаратам у бактерий не развивается?

Базовые исследовательские действия: выявлять причинно-следственные связи.

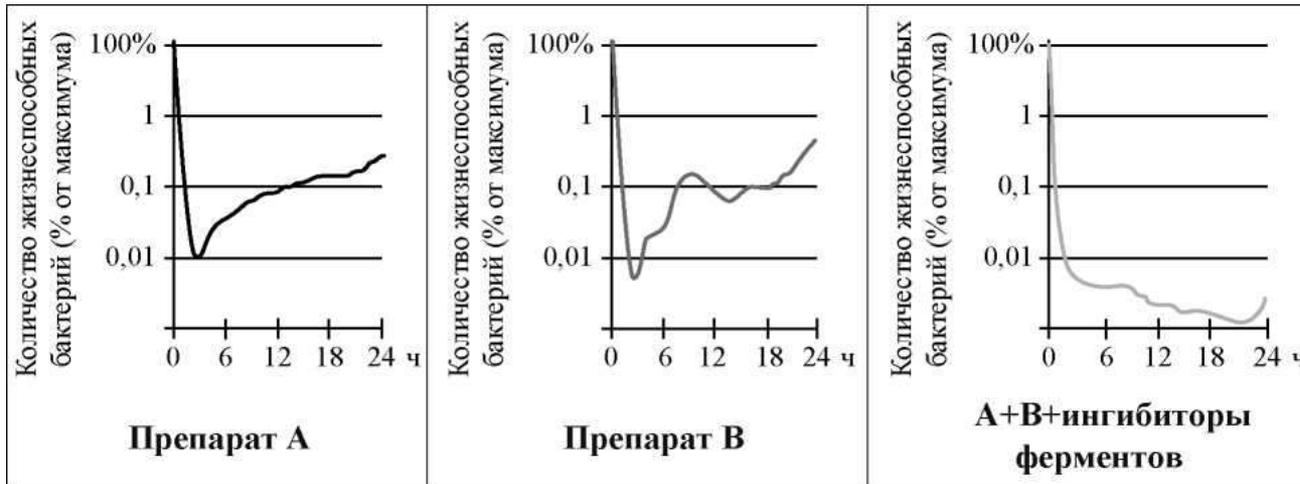
Анализ данных в графической форме.



Задание линии 23.

Используя полученные данные, предположите, с какой частотой следует вносить препараты А, В и их комбинацию с ингибиторами ферментов бактерий для достижения наибольшего антибактериального эффекта.

Ответ поясните. Почему через некоторое время количество жизнеспособных бактерий начинает расти, если учесть, что устойчивость к препаратам у бактерий не развивается?



Элементы ответа:

- 1) для препаратов А и В повторное их добавление необходимо при достижении минимальных значений жизнеспособных бактерий (через 2-5 ч);
- 2) для препаратов в комбинации с ингибиторами ферментов повторное добавление возможно через 20-22 ч;
- 3) после максимального снижения количества жизнеспособных бактерий (спустя указанное время) выжившие бактерии начинают снова делиться;
- 4) препарат может разрушаться (терять свою активность) в среде ИЛИ
- 4) препарат может метаболизироваться (разрушаться бактериями)

Работа ученика

№23

- 1) Препарат А и В по отдельности следует вводить каждые 3 часа, т.к. бактерии вырабатывают ферменты подавляющие антибактериальные свойства
- 2) Препарат А и В вместе с ингибиторами следует вводить каждые 20 часов, для предотвращения появления новых бактерий
- 3) Так спустя время, препараты теряют антибактериальные свойства, а в бактериальной культуре, куда не добавляли ингибиторы, бактерии вырабатывают ферменты угнетающие действие препаратов.

+

+

+

Не
ПОЯСНИЛ,

Элементы ответа:

- 1) для препаратов А и В повторное их добавление необходимо при достижении минимальных значений жизнеспособных бактерий (через 2–5 ч);
- 2) для препаратов в комбинации с ингибиторами ферментов повторное добавление возможно через 20–22 ч;
- 3) после максимального снижения количества жизнеспособных бактерий (спустя указанное время) выжившие бактерии начинают снова делиться;
- 4) препарат может разрушаться (терять свою активность) в среде ИЛИ
- 4) препарат может метаболизироваться (разрушаться бактериями).

Ответ включает в себя все названные выше элементы и не содержит биологических ошибок	3
Ответ включает в себя три из названных выше элементов, которые не содержат биологических ошибок	2
Ответ включает в себя два из названных выше элементов, которые не содержат биологических ошибок	1
Все иные ситуации, не соответствующие правилам выставления 3, 2 и 1 балла	0
Максимальный балл	
	3

Оценка – 2 балла

Задания линии 24

- Задания **линии 24** предусматривают ответы на вопросы в контексте изображённого биологического объекта (фрагмента).
- В заданиях этой линии требуется применить имеющиеся знания из всех разделов учебного предмета биологии для определения изображённого объекта, часто – его систематической принадлежности и обоснования своего выбора.

Особенности оценивания заданий линии 24 (работа с рисунком)

- В указаниях по оцениванию развёрнутых ответов на задания этой линии имеется требование.
- Если в ответе **неверно определён изображённый объект** (или все части объекта), но имеются верные его характеристики, ответ **не засчитывается и баллы не выставляются**.

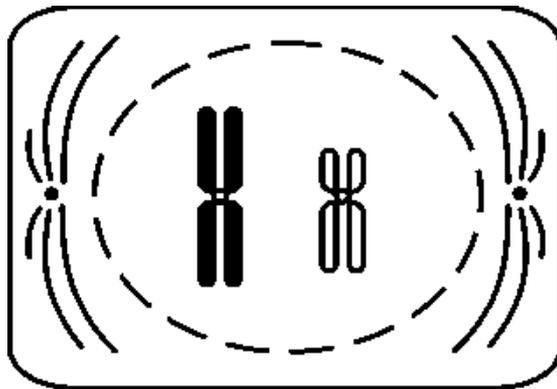
Пример задания линии 24

Мейоз.
Стадии мейоза.
Поведение
хромосом в
мейозе. Смысл
мейоза и полового
процесса.

Важное условие

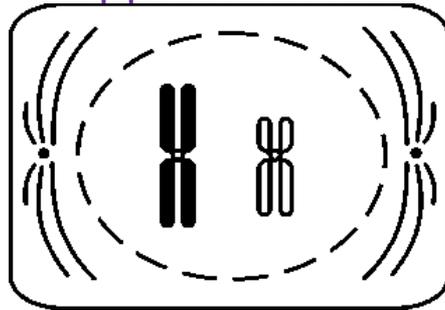
Назовите тип и фазу деления исходной диплоидной клетки, изображённой на схеме. Ответ обоснуйте. Какое биологическое значение имеет этот тип деления клетки? Укажите два значения.

Сформированность
умения выделять
Существенные
признаки
процессов митоза,
мейоза.



Пример задания линии 24

Назовите тип и фазу деления исходной диплоидной клетки, изображённой на схеме. **Ответ обоснуйте.** Какое биологическое значение имеет этот тип деления клетки? Укажите два значения



Элементы ответа:

1) тип - мейоз;

2) в клетке находится гаплоидный набор хромосом, а исходная клетка была диплоидна (в клетке находятся только негомологичные хромосомы);

3) фаза - профаза II;

4) оболочка ядра исчезает;

5) формируется веретено деления;

6) хромосомы обособленные (биваленты отсутствуют);

биологическое значение мейоза:

7) сохранение постоянства набора хромосом в ряду поколений;

8) образование новых комбинаций генов (комбинативная изменчивость).

Линия 24. Работа ученика

Ответ включает в себя семь-восемь названных выше элементов, не содержит биологических ошибок	3
Ответ включает в себя пять-шесть из названных выше элементов, которые не содержат биологических ошибок	2
Ответ включает в себя три-четыре из названных выше элементов, которые не содержат биологических ошибок	1
Все иные ситуации, не соответствующие правилам выставления 3, 2 и 1 балла.	0

ИЛИ Неверно определены тип и фаза деления

24. (1) Тип деления - мейоз +
2) Фаза деления - профаза мейоза II +
3) В мейоз не может вступать клетка с исходным гаплоидным набором хромосом +
4) В данной фазе мейоза отсутствуют гомологичные хромосомы -
5) Мейоз не лежит в основе комбинативной изменчивости +
6) Благодаря мейозу возможно способствование к появлению разномутационности -

Гомологичные хромосомы отсутствуют во всех фазах мейоза 2

Элементы ответа:

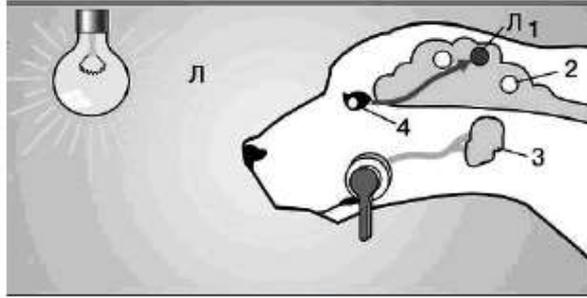
- 1) тип – мейоз;
- 2) в клетке находится гаплоидный набор хромосом, а исходная клетка была диплоидна (в клетке находятся только негомологичные хромосомы);
- 3) фаза – профаза II;
- 4) оболочка ядра исчезает;
- 5) формируется веретено деления;
- 6) хромосомы обособленные (биваленты отсутствуют); биологическое значение мейоза:
- 7) сохранение постоянства набора хромосом в ряду поколений;
- 8) образование новых комбинаций генов (комбинативная изменчивость).

1 балл

Пример задания линии 24



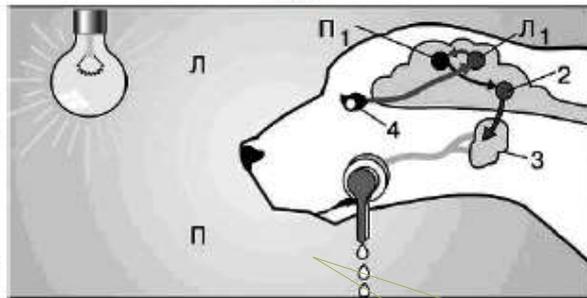
А



Б



В



Г

Элементы ответа

- 1) на рисунке А;
- 2) продолговатый мозг;
- 3) различие в сложности (инстинкт - система безусловных рефлексов);
- 4) рецепторы глаза (сетчатка, глаз) (4) - зрительная зона в коре больших полушарий (Л1) - пищевой центр в коре больших полушарий (П1) - слюноотделительный центр (продолговатый мозг) (2) - слюнная железа (3).

Знания: рефлекс и рефлекторная дуга; безусловные и условные рефлексы.
Умение: выделять существенные признаки.

Рассмотрите рисунки А-Г. На каком из них отображен безусловный рефлекс слюноотделения и отсутствует безразличный раздражитель? Где расположен рефлекторный центр безусловного слюноотделительного рефлекса? В чем различие между безусловным рефлексом и инстинктом? Перечислите по порядку элементы рефлекторной дуги условного слюноотделительного рефлекса, используя рисунок.

Элементы	4	3	2	Неверно определён
Баллы	3	2	1	0

Задания линий 25, 26



- Задания части 2 **высокого уровня** сложности.
- По итогам ЕГЭ 2023 самый низкий процент выполнения заданий этих линий.
- Задания линии 25 направлены на проверку знаний и умений экзаменуемых по разделам :
 - Блок 4 «Система и многообразие органического мира». Задания этой линии выполняются хуже, чем задания остальных линий части 2 по этому блоку. С заданиями линии справляются 7–14%. Однако за отдельные задания максимальные 3 балла получают не более 2% участников.
 - Блок 5 «Человек и его здоровье». Эти задания выполняют в среднем 9–24% участников, при этом максимальные 3 балла получают только 1–3%.
- Задания линии 26 направлены на проверку знаний и умений экзаменуемых по разделам по разделам:
 - Блок 6 «Эволюция живой природы», процент выполнения в среднем 15,5% (11–20%), а 3 балла получают около 4% экзаменуемых.
 - Блок 7. «Экосистемы и присущие им закономерности». Результаты их выполнения составляют 10–37%.
- Задания этих линий содержат наряду с основными и эвристические вопросы, представленные в контекстной форме.

Задания линий 25, 26

- **Контекстные задания** – это задания, содержание которых отражает ситуации, часто встречающиеся в жизни.
- Решение таких задач требуют *не только знаний и умений*, но и применение их в конкретной ситуации. Очень часто для решения той или иной проблемы требуются знания из разных областей.
- «Натренировать» ответам на такие вопросы невозможно, поэтому необходимо формировать у обучающихся **навыки по работе с ситуационными, контекстными, эвристическими вопросами** в заданиях.
- Для ответа на такие задания недостаточно только фактических знаний, необходимо умение применять имеющиеся знания для анализа и объяснения биологических явлений.

Алгоритм ответа на задания поискового, контекстного характера (линии 26,27)

- Внимательно прочитайте текст задания, выделите в нем **описанные факты**, соотнесите их с биологическими понятиями, закономерностями, определите, к какому разделу курса биологии оно относится: систематика, микробиология, ботаника, зоология, биология человека.
- Если в задании присутствует схема, график либо таблица, внимательно изучите данные, в них содержащиеся.
- **Выделите** сформулированные в тексте **задания** (вопросы) в явном либо в неявном виде вопросы, разберитесь в их сути.
- Отвечайте на сформулированные в задании вопросы последовательно и максимально развёрнуто, запишите возможные элементы ответа на каждый из поставленных вопросов.
- Формулируйте свои мысли кратко без лишних слов, обязательно используйте в ответе **биологические термины**, опирайтесь на **общебиологические понятия и закономерности**.
- Если вы сомневаетесь в точности своего ответа, пишите с пояснениями. Старайтесь не удаляться от темы вопроса, особенно если сомневаетесь в правильности своих суждений.
- Проанализируйте созданные ответы и уберите повторы и неясности в них.
- Перенесите полученные после редакции ответы в бланк / поле ответа.

Основные подходы к оцениванию линий

25, 26

- При оценивании заданий учитываются указания: «Объясните полученные результаты» или «Ответ поясните». Если в ответе участника на конкретное задание дано просто перечисление признаков, при этом нет ошибок, но отсутствует пояснение, то за задание выставляется только 1 балл.
- За дополнительную информацию, не имеющую отношения к вопросу задания, баллы не начисляются, но за наличие в ней ошибок снимается 1 балл.
- Критерии оценивания определяются степенью сложности задания и значимостью элементов ответа в каждом конкретном задании.
- В одной и той же линии критерии оценивания разных заданий могут отличаться.



Пример 1 задания линии 25

- Концентрация белка миоглобина в скелетных мышцах у китообразных в 7-10 раз превышает значения у наземных млекопитающих, например быков. **Объясните наблюдаемое различие, исходя из функции миоглобина.** За счёт уменьшения кровоснабжения скелетных мышц снижается общее потребление кислорода китообразными при погружении. **Как при этом изменяется частота сердечных сокращений? Укажите два значения более развитой подкожной жировой клетчатки у китов по сравнению с наземными млекопитающими.**

Элементы ответа:

- 1) **миоглобин способен связывать (депонировать) кислород в мышцах;**
- 2) **китообразным необходим большой запас кислорода при погружении;**
- 3) **частота сердечных сокращений при погружении снижается;**
- 4) **подкожная жировая клетчатка является теплоизолятором (позволяет сохранять тепло в организме);**
- 5) **подкожная жировая клетчатка повышает плавучесть (снижает удельный вес).**



Пример работы ученика

25

- 1) Миоглобин запасает кислород в мышцах и когда необходимо высвобождает его. у китообразных жидков его +
- 2) больше, т.к. они надолго задерживают дыхание при погружении +
- 3) она уменьшается +
- 3) 1 - теплоизоляционная, для поддержания тепла +
2 - обеспечение плавучести, т.к. жир легче воды. +

Элементы ответа:

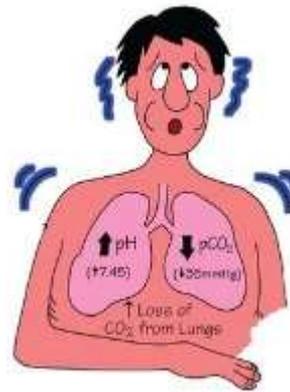
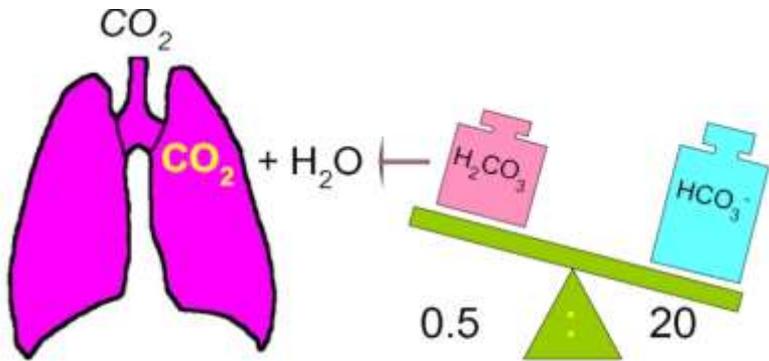
- 1) миоглобин способен связывать (депонировать) кислород в мышцах;
- 2) китообразным необходим большой запас кислорода при погружении;
- 3) частота сердечных сокращений при погружении снижается;
- 4) подкожная жировая клетчатка является теплоизолятором (позволяет сохранять тепло в организме);
- 5) подкожная жировая клетчатка повышает плавучесть (снижает удельный вес).

Ответ включает в себя все названные выше элементы и не содержит биологических ошибок	3
Ответ включает в себя четыре из названных выше элементов, которые не содержат биологических ошибок	2
Ответ включает в себя три из названных выше элементов, которые не содержат биологических ошибок	1
Все иные ситуации, не соответствующие правилам выставления 3, 2 и 1 балла	0

3 балла

Пример 2 заданий линии 25

При резком подъёме на большую высоту в область с низким парциальным давлением кислорода у человека может возникнуть респираторный алкалоз. При респираторном алкалозе значение водородного показателя крови (pH) увеличивается. **Почему возникает респираторный алкалоз? Ответ поясните с позиции процесса регуляции дыхания и биохимических процессов, происходящих в плазме крови человека.**



Учащенное дыхание снижает концентрацию CO₂, pH > 7,36.

Из-за учащённого дыхания выводится углекислый газ, pH крови повышается. Уменьшение концентрации углекислого газа в крови вызывает торможение работы дыхательного центра (продолговатого мозга), что приводит к урежению (остановке) дыхания.

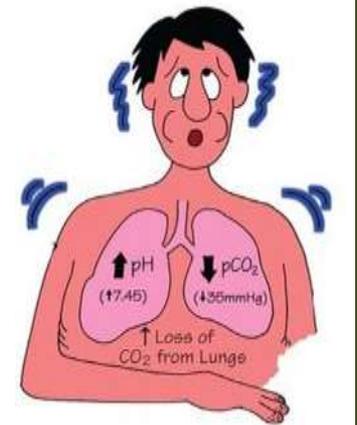


Пример 2 заданий линии 25

При резком подъёме на большую высоту в область с низким парциальным давлением кислорода у человека может возникнуть респираторный алкалоз. При респираторном алкалозе значение водородного показателя крови (pH) увеличивается. **Почему возникает респираторный алкалоз? Ответ поясните с позиции процесса регуляции дыхания и биохимических процессов, происходящих в плазме крови человека.**

Элементы ответа

- 1) при понижении парциального давления кислорода учащается дыхание;
- 2) дыхание учащается для компенсации кислородного дефицита;
- 3) при учащении дыхания из организма выводится больше углекислого газа;
- 4) углекислый газ образуется из угольной кислоты, которая содержит протоны;
- 5) при выделении углекислого газа уменьшается количество протонов (ионов водорода) в плазме крови;
- 6) при уменьшении количества протонов (ионов водорода) водородный показатель (pH) возрастает.
- Допускается ответ в виде уравнения реакции буферной системы крови с указанием, в какую сторону смещается химическое равновесие при уменьшении концентрации углекислого газа:
- $H^+ + HCO_3^- \leftrightarrow H_2CO_3 \leftrightarrow CO_2 + H_2O$ или $CO_2 + H_2O \leftrightarrow H^+ + HCO_3^-$
- При этом пункты 4,5 считаются верными.



Элементы	5-6	4	3
Баллы	3	2	1

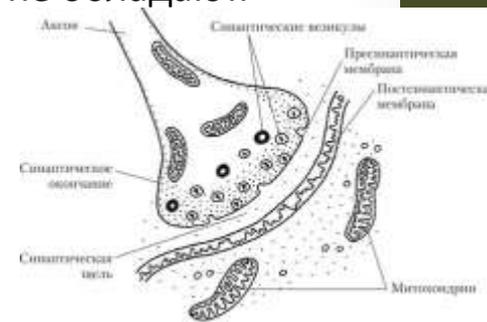
Пример 3 заданий линии 25

Какие свойства имеет по отдельности каждый из элементов системы "дыхательный центр - нервное волокно - диафрагма"? Используя понятие эмерджентности*, укажите, какое эмерджентное свойство проявляется благодаря совместному взаимодействию всех компонентов этой системы. Какой элемент указанной системы перестает функционировать под действием яда кобры, если известно, что нейротоксины яда блокируют работу нервно-мышечных синапсов? **Ответ поясните.**

*Эмерджентность - наличие у системы свойств, не присущих ее компонентам по отдельности. Например, рассмотрим систему "топор". Топор состоит из рукоятки, удобной для захвата, и "головы" с режущим краем. Эмерджентное свойство топора заключается в способности рубить, но рукоять и "голова" сами по себе этим свойством не обладают.

Элементы ответа:

- 1) дыхательный центр обладает свойством возбудимости (генерирует электрические импульсы);
- 2) нервное волокно (нерв) обладает свойством проводимости (проводит импульс);
- 3) диафрагма обладает свойством сократимости (сокращается, расслабляется)
ИЛИ 3) диафрагма обладает свойствами возбудимости и сократимости;
- 4) эмерджентное свойство системы - обеспечение вдоха (и выдоха, дыхания)
ИЛИ 4) эмерджентное свойство системы - увеличение объема грудной клетки (уменьшение давления в грудной полости);
- 5) прекратится функционирование диафрагмы
ИЛИ 5) прекратится функционирование нервного волокна;
- 6) если нервно-мышечный синапс заблокирован, то мышца не получает сигнал от дыхательного центра (от нервной системы, от нерва).



Элементы	6	5-4	3
Баллы	3	2	1

Пример 1 задания линии 26

Белок байндин (bindin) - акросомальный белок сперматозоидов морских ежей, который контактирует с рецептором на поверхности яйцеклеток и необходим для последующего высвобождения ферментов акросомы. У двух близких видов морских ежей: пурпурного (*Strongylocentrotus purpuratus*) и красного (*Strongylocentrotus franciscanus*) - данные белки различаются на несколько аминокислот. Рецепторы яйцеклеток одного вида морских ежей не могут взаимодействовать с байндином сперматозоидов другого вида. **Какой тип изоляции иллюстрирует описанный пример? В чём заключается суть этого типа изоляции?** Генноинженерным путём был получен морской ёж, лишённый белка байндина. **Смогут ли его сперматозоиды оплодотворить яйцеклетки пурпурного или красного морского ежа? Ответ поясните.**

Элементы ответа:

1) репродуктивная (биологическая, презиготическая, морфофункциональная) изоляция;

2) не происходит слияния гамет (оплодотворения)

ИЛИ

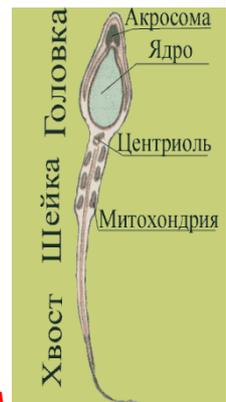
2) не происходит развития плодового потомства;

3) не смогут;

4) для оплодотворения необходим контакт между рецептором и байндином (сперматозоидом ... яйцеклеткой)

ИЛИ

4) в отсутствие байндина сперматозоид не сможет адсорбироваться на яйцеклетке (оплодотворить яйцеклетку).



Критерии: все элементы – 3 балла, 3 элемента – 2 балла, 2 элемента – 1 балл

Пример работы ученика

№26

1) Эволюционная изоляция -

2) Два вида морских ежей не скрещивались между собой и в результате через несколько поколений накопилось определенное количество мутаций, которые не дают возможности скрещиваться 2-м видам

3) Нет не смогут, так как белок байндин контактирует с рецептором на поверхности яйцеклетки и вызывает ферменты акросомы, а при его отсутствии, оплодотворение яйцеклетки будет невозможным

1 балл

Элементы ответа:

1) репродуктивная (биологическая, презиготическая, морфофункциональная) изоляция;

2) не происходит слияния гамет (оплодотворения)

ИЛИ

2) не происходит развития плодового потомства;

3) не смогут;

4) для оплодотворения необходим контакт между рецептором и байндином (сперматозоидом и яйцеклеткой)

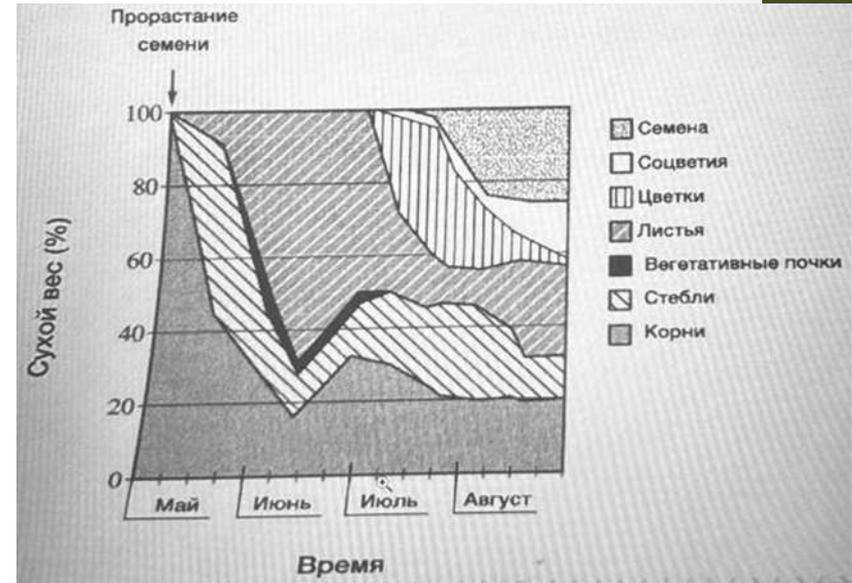
ИЛИ

4) в отсутствие байндина сперматозоид не сможет адсорбироваться на яйцеклетке (оплодотворить яйцеклетку).

Критерии: все элементы – 3 балла, 3 элемента – 2 балла, 2 элемента – 1 балл

Пример 2 задания линии 26

Соотношение сухого веса различных частей растений используется экологами для описания жизненной стратегии растения. на графике представлен сухой вес растения-однолетника с мая по август. **В какой месяц растение наиболее активно фотосинтезировало? ответ поясните.** Какую долю составляют генеративные органы от общей массы у растения к концу августа? Предположите, как соотносится эта доля с аналогичной величиной у древесных растений. **Ответ поясните.** При ответе считайте, что общая масса растения с июня по август почти не изменилась.



Элементы ответа:

1) июнь;

2) доля зелёных листьев наибольшая ИЛИ

2) в июне наблюдается увеличение относительной массы корня, в котором накапливаются синтезируемые питательные вещества;

3) 42%;

4) у древесных растений доля будет ниже;

5) основную долю сухой массы древесных растений составляют вегетативные органы (стволы, корни). Если в элементе 3 указано значение от 40% до 50%, то такой ответ засчитывается как верный.

Элементы	все	3-4	2
Баллы	3	2	1

Пример 3 задания линии 26

Эффективность естественного отбора зависит от плотности популяции. Так, если небольшую территорию занимает популяция с большой численностью, то эффективность естественного отбора высокая.

Как можно объяснить данную закономерность?

Известно, что в геноме живых организмов имеются вредные мутации, понижающие приспособленность. В геноме каких организмов ожидается большее количество вредных мутаций: синего кита (*Balaenoptera musculus*) или серой крысы (*Rattus norvegicus*)? Ответ поясните с позиции популяционной структуры видов.



Элементы ответа:

- 1) при высокой плотности популяции уменьшается количество ресурсов в расчете на одну особь;
- 2) возрастает внутривидовая борьба за существование (конкуренция);
- 3) в геноме синего кита;
- 4) плотность популяции китов существенно меньше, чем серой крысы;
- 5) в популяции синих китов естественный отбор действует менее эффективно и вредные мутации (признаки) могут закрепиться в геноме (в популяции).

Элементы	5	4-3	2
Баллы	3	2	1

Линия 27 КИМ представлена тремя сюжетами

Сюжет 1 (существует несколько лет)

27. Для соматической клетки животного характерен диплоидный набор хромосом. Определите хромосомный набор (n) и число молекул ДНК (c) в клетке при гаметогенезе в метафазе II мейоза и анафазе II мейоза. Объясните полученные результаты.

Сюжет 2 (новый вариант с использованием законом Харди –Вайнберга)

27. В популяции растений ночной красавицы (*Mirabilis jalapa*) 96 растений имеют ярко-красную окраску венчика, а 54 – белую. Рассчитайте частоты аллелей красной и белой окрасок в популяции. Какими были бы частоты генотипов всех генотипов, если бы популяция находилась в равновесии? Если представить, что все условия равновесной популяции начнут выполняться, то за сколько поколений популяция придёт в равновесие?

Элементы ответа:

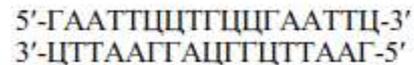
- 1) частота растений с ярко-красной окраской венчика (генотип AA) составляет: $96/150 = 0,64$;
- 2) частота растений с белой окраской венчика (генотип aa) составляет: $54/150 = 0,36$;
- 3) аллель A в популяции представлен только в красных растениях, а аллель a – только в белых;
- 4) частота аллеля $A = p = 0,64$;
- 5) частота аллеля $a = q = 0,36$;
- 6) равновесные частоты генотипов: $f(AA) = p^2 = 0,4096$, $f(aa) = q^2 = 0,1296$, $f(Aa) = 2pq = 0,4608$;
- 7) за одно поколение.

Линия 27 КИМ представлена тремя сюжетами

Сюжет 3 (обновлённый вариант задания)

27. Известно, что комплементарные цепи нуклеиновых кислот антипараллельны (5' концу в одной цепи соответствует 3' конец другой цепи). Синтез нуклеиновых кислот начинается с 5' конца. Рибосома движется по иРНК в направлении от 5' к 3' концу.

Все виды РНК синтезируются на ДНК-матрице. В цепи РНК и ДНК могут иметься специальные комплементарные участки – палиндромы, благодаря которым у молекулы может возникать вторичная структура. Фрагмент молекулы ДНК, на которой синтезируется участок центральной петли тРНК, имеет следующую последовательность нуклеотидов (нижняя цепь матричная):



Установите нуклеотидную последовательность участка тРНК, которая синтезируется на данном фрагменте. Найдите на данном участке палиндром и установите вторичную структуру центральной петли тРНК. Определите аминокислоту, которую будет переносить эта тРНК в процессе биосинтеза белка, если антикодон равноудалён от концов палиндрома. Объясните последовательность решения задачи. Для решения используйте таблицу генетического кода (см. учебник). При написании нуклеиновых кислот указывайте направление цепи.

Схема решения задачи включает в себя:

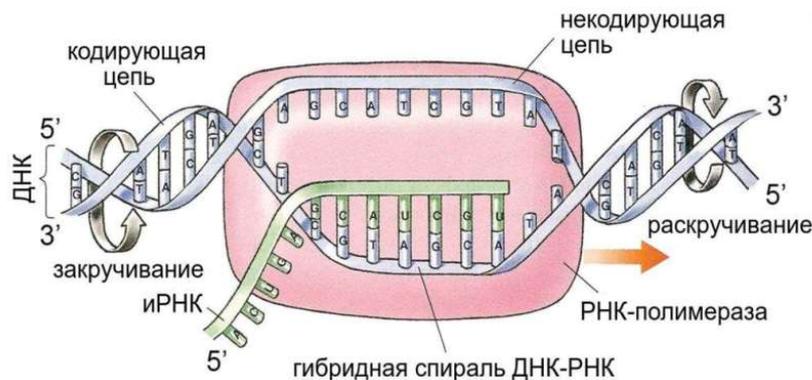
- 1) нуклеотидная последовательность участка тРНК: 5'-ГААУУЦУГЦЦГААУУЦ-3';
- 2) палиндром в последовательности: 5'-ГААУУЦ-3' (3'-ЦУУААГ-5');
- 3) вторичная структура тРНК:



- 4) нуклеотидная последовательность антикодона в тРНК 5'-УГЦ-3' (УГЦ) соответствует кодону на иРНК 3'-АЦГ-5' (5'-ГЦА-3', ГЦА);
- 5) по таблице генетического кода этому кодону соответствует аминокислота ала (аланин), которую будет переносить данная тРНК.

Задания линии 27

- Проверяют умения решать задачи по цитологии и эволюции органического мира, обосновывать ход решения и объяснять полученный результаты.
- Темы, которые обязательно должны быть усвоены:
 - Строение ДНК, РНК, белка.
 - Синтез белка (транскрипция, трансляция).
 - Митоз, мейоз, гаметогенез.
 - Жизненные циклы растений.
 - Микро- и макроспорогенез у голосеменных и покрытосеменных растений.
 - Изменение генофонда популяции как элементарное эволюционное явление. Закон генетического равновесия Дж. Харди, В. Вайнберга.



Алгоритм обучения выполнению заданий линии 27

1. Внимательное изучение по тексту и рисункам учебников материала о сущности, этапах, механизме и условиях процессов метаболизма (**матричных реакций**), о клеточном цикле, интерфазе, митозе, мейозе, циклах развития растений, законе генетического равновесия Дж. Харди, В. Вайнберга.
2. Отработка умения анализировать условие задачи, соотносить его с учебным материалом по данной теме.
3. Отработка умения соблюдать требования при решении задач.
4. Отработка алгоритмов решения задач разного вида с опорой на фактические знания и с использованием справочного материала.
5. Тренировка в формулировании/написании последовательных, полных аргументированных ответов.
6. Выполнение готовых заданий данного типа, с учетом критериев.

Особенности оценивания заданий линии

27

- При решении задач с использованием генетического кода триплеты ДНК и кодоны и-РНК могут записываться в виде сплошной последовательности или через тире между триплетами.
- Ошибкой считается запись антикодонов разных молекул т-РНК через тире между триплетами, что означает связывание их в единую цепь. **За такую ошибку снимается 1 балл.**
- Во фрагменте молекулы полипептида аминокислоты должны быть соединены друг с другом тире, так как являются единой цепью.
- В задачах на определение числа хромосом или ДНК в клетках или организме для выставления **высшего балла** ответ участника должен соответствовать эталону. Частично правильный элемент ответа не может оцениваться в 1 балл.
- В задачах на закон Харди-Вайнберга должен быть представлен алгоритм решения с использованием формул и/или вычислений. Ответ только в виде числа не засчитывается как верный.

Пример задания линии 27

- Хромосомный набор соматических клеток редиса равен 18. Определите хромосомный набор и число молекул ДНК в клетках кончика корня **в метафазе** и **конце телофазы митоза**. **Ответ поясните**. Какие процессы происходят с хромосомами в эти фазы?

Элементы ответа:

- 1) в метафазе митоза число хромосом – 18;
- 2) в метафазе митоза число молекул ДНК – 36;
- 3) в метафазе хромосомы двухроматидные (состоят из двух молекул ДНК);
- 4) в метафазе хромосомы перемещаются в плоскость экватора (формируется метафазная пластинка);
- 5) в конце телофазы в каждой клетке число хромосом – 18;
- 6) в конце телофазы в каждой клетке число молекул ДНК – 18;
- 7) в конце телофазы хромосомы однохроматидные (состоят из одной молекулы ДНК);
- 8) в конце телофазы происходит деспирализация хромосом

Работа ученика

№27.

Хромосомный набор соматической клетки рисуса равен 18, т.е. $2n = 18$ хромосом, $2c = 2n = 18$ молекул ДНК.

В начале митоза в клетке происходит репликация ДНК, хромосомный набор равен $2n4c$. Ошибка!

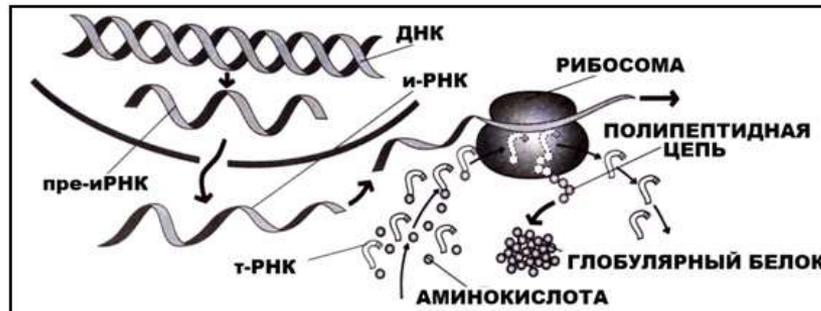
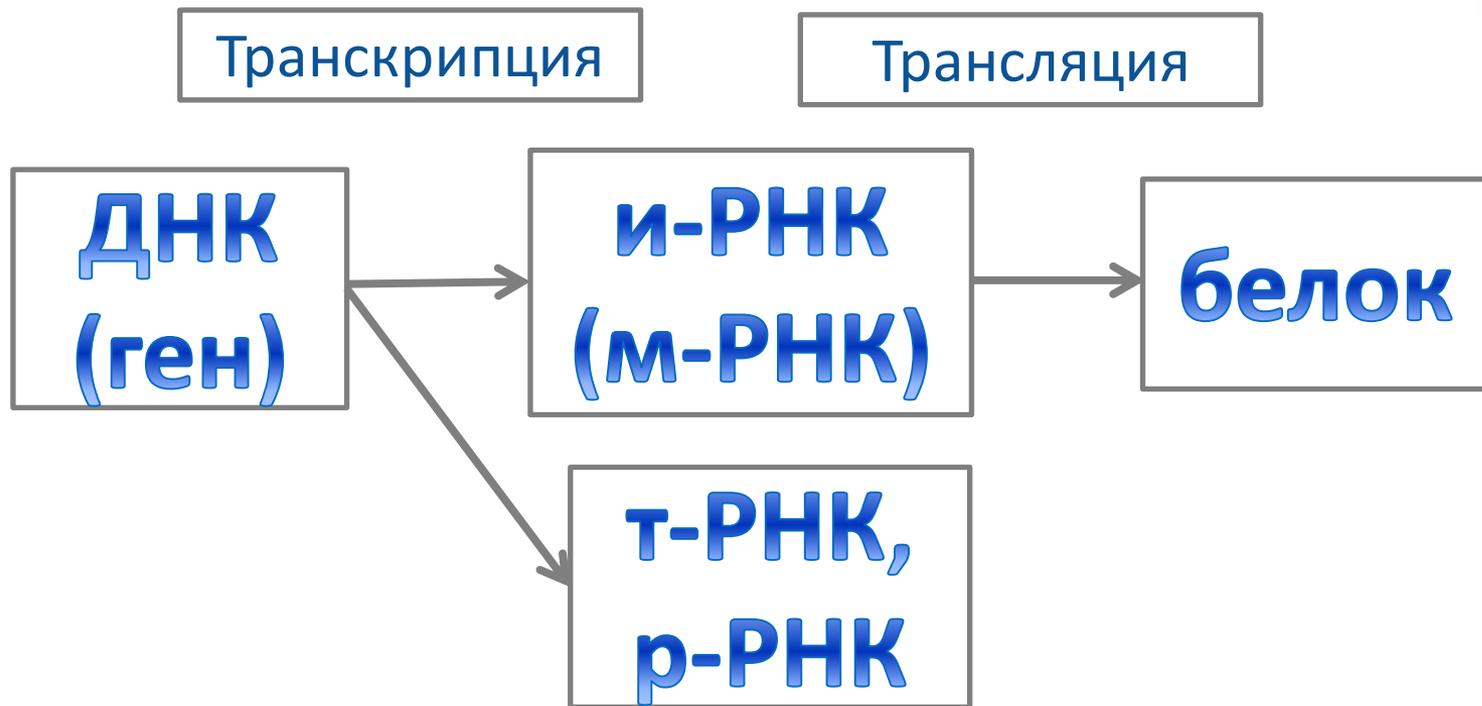
В метафазе митоза хромосомный набор также равен $2n4c$, а именно 18 хромосом и 36 молекул ДНК. +

В конце телофазы митоза происходит деление и расхождение хромосом, хромосомный набор равен $1n2c$, Ошибка!
равен 9 хромосомам и 18 молекул ДНК.

Отсутствуют
знания!

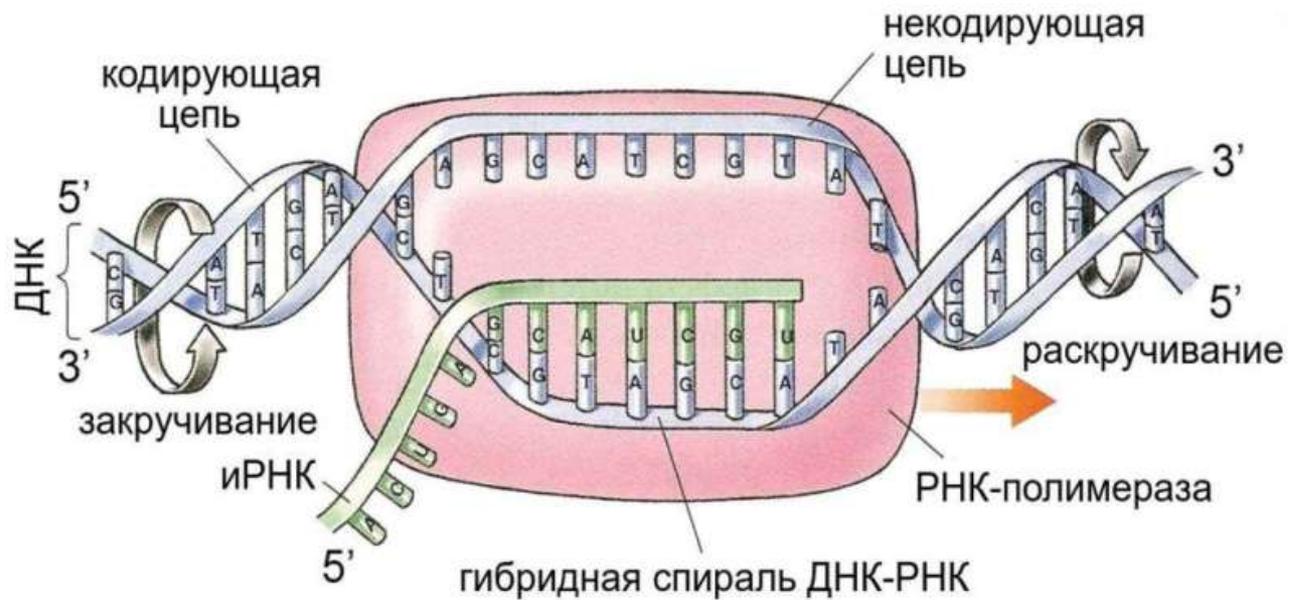
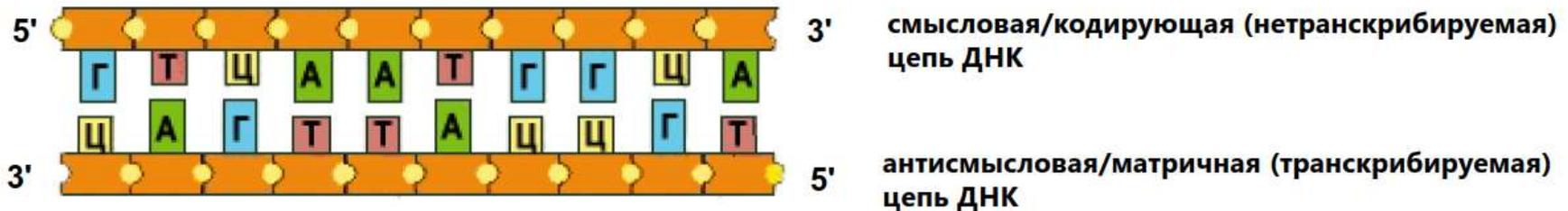
0 баллов

Реализация генетической информации



Матрицей для всех видов РНК (иРНК, тРНК, рРНК) служит матричная (транскрибируемая цепь)

ДНК



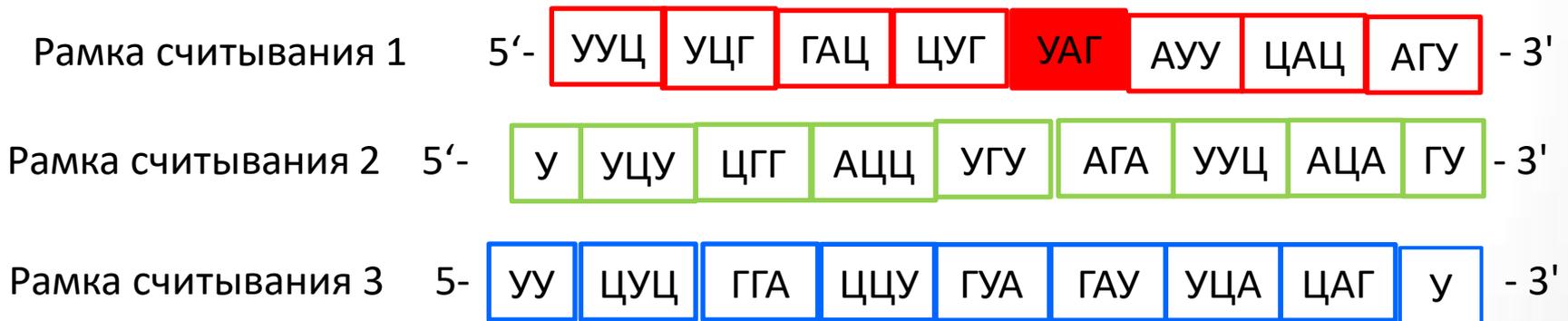
НАДО ЗАПОМНИТЬ!

- Антикодоны тРНК читаются в направлении $3' \rightarrow 5'$
- Кодон и антикодон спариваются антипараллельно!



Рамка считывания

- Рамка считывания – один из трёх возможных способов считывания нуклеотидной последовательности в виде триплетов.
- **Открытая рамка** считывания – кодирующая область гена, которая может транслироваться в белок, включающая старт-кодон (в начале) и стоп-кодон (в конце). Внутри рамка считывания не может содержать стоп-кодонов .
- Триплеты и, соответственно, кодируемые ими аминокислоты разные в каждой рамке считывания (изображены разными цветами) .



- Если в задании требуется определить открытую рамку считывания, проверяем цепь иРНК на наличие стоп-кодонов (УАГ, УАА, УГА) с-3'конца (с конца молекулы!)

Пример 1

- В начале кодирующей части генов инфузорий рода *Euplotes* встречаются стоп-кодоны. Однако в начале гена рибосома при встрече с таким стоп-кодоном в иРНК сдвигает рамку считывания на один нуклеотид в сторону 3' конца и продолжает синтез полипептида. Синтез нуклеиновых кислот начинается с 5' конца. Рибосома движется от 5' к 3' концу зрелой иРНК. Фрагмент начала гена инфузории имеет следующую последовательность (нижняя цепь матричная (транскрибируемая)):
 - **5'-ЦТТГАТГЦАТТААЦЦЦГАЦТТЦА-3'**
 - **3'-ГААЦТАЦГТААТТГГГЦТГААГТ-5'**
- Определите нуклеотидную последовательность информационной РНК и образующийся на ней фрагмент полипептида. При ответе учитывайте, что полипептидная цепь начинается с аминокислоты мет. Ответ поясните. Для выполнения задания используйте таблицу генетического кода. При написании последовательностей нуклеиновых кислот указывайте направление цепи.

Пример 1

- В начале кодирующей части генов инфузорий рода *Euplotes* встречаются стоп-кодона. Однако в начале гена рибосома при встрече с таким стоп-кодоном в иРНК сдвигает рамку считывания на один нуклеотид в сторону 3' конца и продолжает синтез полипептида. Синтез нуклеиновых кислот начинается с 5' конца. Рибосома движется от 5' к 3' концу зрелой иРНК. Фрагмент начала гена инфузории имеет следующую последовательность (нижняя цепь матричная (транскрибируемая)):
- 5'-ЦТТГАТГЦАТТААЦЦЦГАЦТТЦА-3'
- 3'-ГААЦТАЦГТААТТГГГЦТГААГТ-5'
- Определите нуклеотидную последовательность информационной РНК и образующийся на ней фрагмент полипептида. При ответе учитывайте, что полипептидная цепь начинается с аминокислоты мет. Ответ поясните. Для выполнения задания используйте таблицу генетического кода. При написании последовательностей нуклеиновых кислот указывайте направление цепи.

Выделяем
ключевые
слова,
анализируем
данные

Выделяем
вопросы

Пример 1

5'-ЦТТГАТГЦАТТААЦЦГАЦТТЦА-3'
3'-ГААЦТАЦГТААТТГГГЦТГААГТ-5'

№ 27). По транскрибированной ДНК, с помощью таблицы генетического кода найдем и-РНК
и-РНК: 5'-УУУГАУГЦАУУААЦЦУГАУУУЦА-3'
Так как полипептидная цепь начинается с аминокислоты мет, то по таблице генетического кода кодировка пишется в и-РНК.

и-РНК 5'-АУГ-3' - соответствует аминокислоте стоп-кодон в цепи и-РНК 5'-УАА-3', поэтому мы сдвигаем рамку считывания на один нуклеотид в сторону 3' конца и продолжаем писать аминокислоты: мет, гис, асп, про, тре, сер.



Ошибка в оформлении:
аминокислоты записаны
через запятую!

- 1) нуклеотидная последовательность иРНК:
5'-АУГЦАУААЦЦГАЦУУЦА-3'
ИЛИ
5'-ЦУУГАУГЦАУУАЦЦГАЦУУЦА-3';
- 2) аминокислоте мет соответствует кодон 5'-АУГ-3' (АУГ);
- 3) в рамке считывания имеется стоп-кодон 5'-УАА-3';
- 4) происходит сдвиг рамки считывания до кодона 5'-ААЦ-3';
- 5) последовательность аминокислот в полипептиде: мет-гис-асп-про-тре-сер.

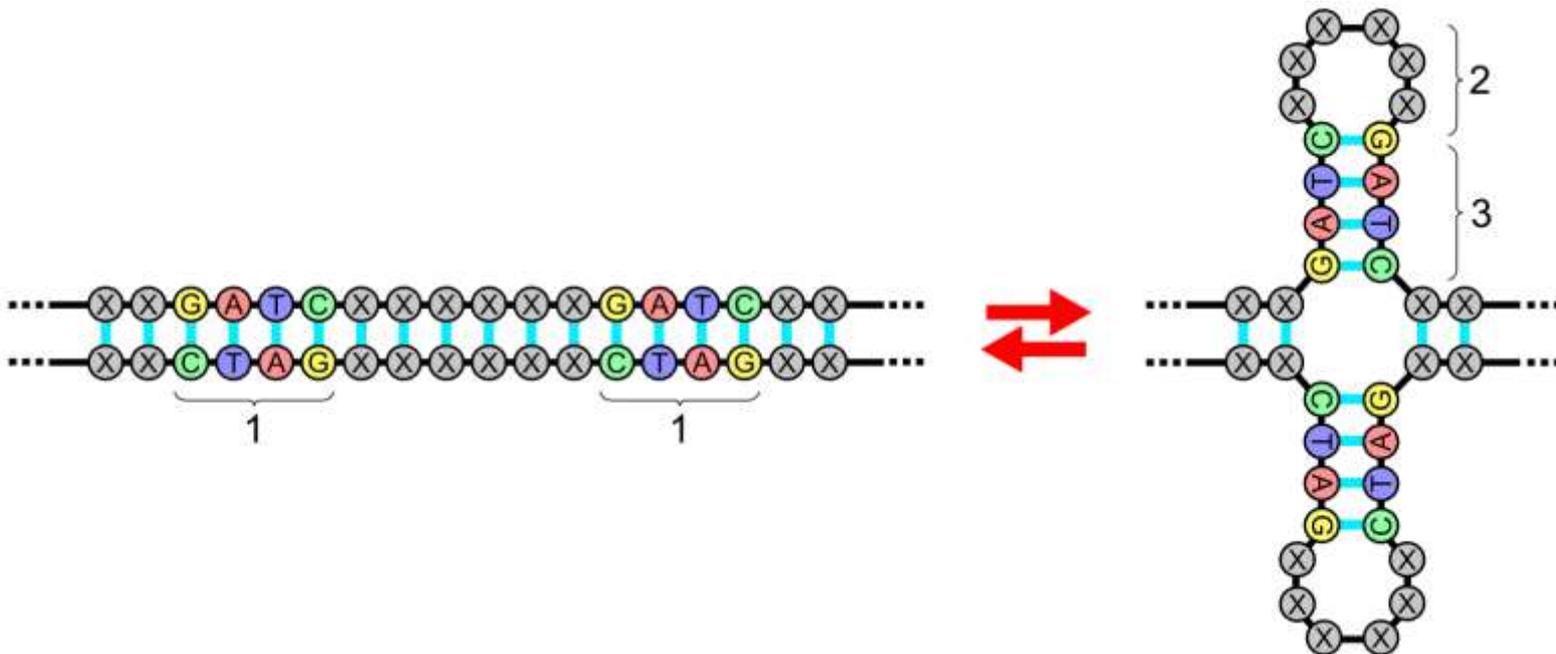
Пример 2.

Известно, что комплементарные цепи нуклеиновых кислот антипараллельны (5' концу в одной цепи соответствует 3' конец другой цепи). Синтез нуклеиновых кислот начинается с 5' конца. Рибосома движется по иРНК в направлении от 5' к 3' концу. Все виды РНК синтезируются на ДНК-матрице. В цепи РНК и ДНК могут иметься специальные комплементарные участки - палиндромы, благодаря которым у молекулы может возникать вторичная структура. Фрагмент молекулы ДНК, на которой синтезируется участок центральной петли тРНК, имеет следующую последовательность нуклеотидов (нижняя цепь матричная (транскрибируемая)):

5'-ГГЦГЦАТГТАЦТГЦГЦЦ-3'
3'-ЦЦГЦГТАЦАТГАЦГЦГГ-5'

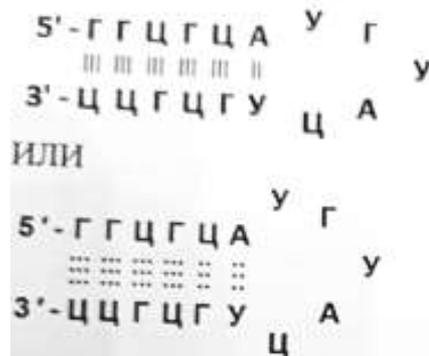
Установите нуклеотидную последовательность участка тРНК, который синтезируется на данном фрагменте. Найдите на данном участке палиндром и установите вторичную структуру центральной петли тРНК. Определите аминокислоту, которую будет переносить эта тРНК в процессе биосинтеза белка, если антикодон равноудален от концов палиндрома. Ответ поясните. Для выполнения задания используйте таблицу генетического кода. При написании нуклеиновых кислот указывайте направление цепи.

- **Палиндром** (от др.-греч. πάλιν — «назад, снова» и др.-греч. δρόμος — «бег, движение») — слово, одинаково читающиеся с начала и конца.
- В биологии называют короткие нуклеотидные последовательности (обычно от 4 до 8), которые одинаково читаются по обеим цепям ДНК в одном направлении.



Пример 2.Решение.

- 1) нуклеотидная последовательность участка тРНК:
- 5'-ГГЦГЦАУГУАЦУГЦГЦЦ-3';
- 2) палиндром в последовательности:
- 5'-ГГЦГЦА-3' (3'-ЦЦГЦГУ-5');
- 3) вторичная структура тРНК:



Генетический код (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	Гли	Арг	А
	Лей	Про	Гли	Арг	Г
А	Иле	Тре	Асп	Сер	У
	Иле	Тре	Асп	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

- 4) нуклеотидная последовательность антикодона в тРНК 5'-ГУА-3' (выделен на тРНК);
- 5) антикодон соответствует кодону иРНК 3'-ЦАУ-5' (5'-УАЦ-3');
- 6) по таблице генетического кода этому кодону соответствует аминокислота тир (тирозин), которую будет переносить данная тРНК.
- При указании палиндрома в последовательности тРНК или на изображении шпильчатой структуры элемент 2 засчитывать как верный.
- Возможны другие варианты изображения шпильчатой структуры. Важно, чтобы участник экзамена указал на схеме комплементарно спаренные нуклеотиды палиндромной последовательности. Указание количества водородных связей между нуклеотидами не обязательно.

Задачи на закон Харди-Вайнберга

- 1) Знать основные понятия и символы в формулах Харди-Вайнберга
 - $p(A)$ – частота доминантного аллеля,
 - $q(a)$ – частота рецессивного аллеля,
 - $p^2(AA)$ – частота особей, гомозиготных по доминантному аллелю (частота генотипа AA)
 - $q^2(aa)$ – частота особей с рецессивным признаком (частота генотипа aa)
 - $2pq$ – частота гетерозиготных особей (частота генотипа Aa)
 - $p^2(AA) + 2pq(Aa)$ – частота особей в генотипе которых имеется *доминантный аллель*.
 - $2pq(Aa) + q^2(aa)$ – частота особей, в генотипе которых имеется *рецессивный аллель*.
- 2) Знать два уравнения: $p+q=1$ и $p^2(AA) + 2pq(Aa) + q^2(aa) = 1$. Они нужны для вычисления частот аллелей, частот генотипов и для идентификации популяции (определения соответствия популяции равновесию Харди-Вайнберга).
- 3) Научиться представлять данную по условию задачи частоту генотипа в долях единицы, используя для этого десятичные числа.



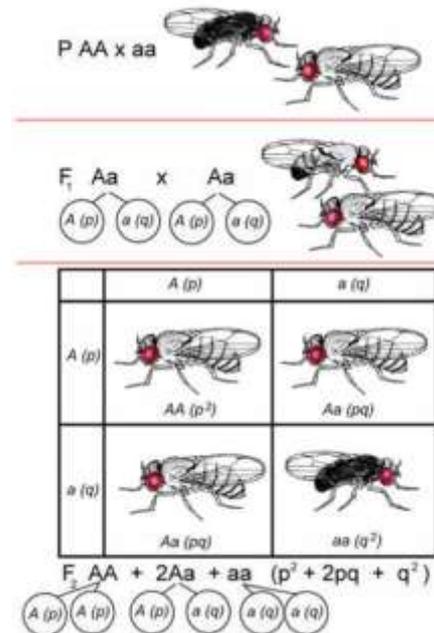
Годфри Харолд Харди
(1877-1947)
английский математик



Вильгельм Вайнберг
(1862-1937)
немецкий врач

Общий алгоритм решения заданий на применение закона Харди-Вайнберга

1. По условиям задачи записать, какие гены доминантные, какие рецессивные, какие у них могут быть генотипы.
2. Определить о численном значении какого гена или генотипа говорится в условиях задания (символа из формул закона Харди-Вайнберга).
3. Представить эту информацию в *долях единицы*, используя десятичные числа.
4. Определить: численные значения каких генов, генотипов (символов в формулах закона Харди-Вайнберга) необходимо найти.
5. Составить наглядный план действий (на основе каких известных частот какие можно найти, используя для этого формулы закона Харди-Вайнберга).
6. Выполните запланированные действия в установленной вами последовательности.
7. Проверить ещё раз, все ли вы нашли, что требовалось по условию задачи.



Пример.

Моногенные заболевания — это наследственные патологии, которые развиваются из-за мутации в одном гене

Муковисцидоз - *моногенное* заболевание, возникающее в результате нарушения структуры мембранного транспортёра, наследующееся по *аутосомно-рецессивному* типу. Частота встречаемости заболевания в равновесной популяции человека составляет 1:2000. **Рассчитайте частоты мутантных и нормальных аллелей, частоты всех фенотипов в данной популяции. Поясните ход решения. Какой эволюционный фактор может приводить к снижению доли рецессивных гомозигот во всей человеческой популяции?** При расчётах округляйте значения до четырёх знаков после запятой. 

Элементы ответа:

1) частота рецессивных гомозигот составляет: $1/2000 = 0,0005 = q^2(aa)$;

2) частота мутантного аллеля (q) составляет: $0,0005 = 0,0224$;

3) частота нормального аллеля (p) в популяции составляет: $1 - q = 0,9776$;

4) частота нормализованного фенотипа составляет: $1 - q^2 = 0,9995$

ИЛИ

4) частота нормализованного фенотипа составляет: $p^2 + 2pq = 0,9776^2 + 2 \times 0,9776 \times 0,0224 = 0,9557 + 0,0438 = 0,9995$;

5) нормальный фенотип представлен доминантными гомозиготами (AA) и гетерозиготами (Aa);

6) естественный отбор.

Работа ученика

27. 1) Частота встречаемости рецессивных гомозигот
 $q^2 = 1 : 2000 = 0,0005$ +
- 2) Частота рецессивной аллели q
 $q = \sqrt{q^2} = \sqrt{0,0005} = 0,0224$ +
- 3) Из уравнения $p + q = 1$ ясно, что $p = 1 - q$, следовательно частота доминантной аллели p равна:
 $p = 1 - 0,0224 = 0,9776$ +
- 4) Частота встречаемости доминантных гомозигот
 $p^2 = 0,9776^2 = 0,9557$
- 5) Из уравнения Харди-Вайнберга $p^2 + 2pq + q^2 = 1$ ясно, что
 $2pq = 1 - (p^2 + q^2)$
 $2pq = 1 - (0,9557 + 0,0005) = 0,0438$
- 6) Популяционные волны, которые приводят к дрейфу генов. -

Схема решения задачи включает следующие элементы:

1) частота рецессивных гомозигот составляет: $1/2000 = 0,0005 = q^2(aa)$;

2) частота мутантного аллеля (q) составляет: $\sqrt{0,0005} = 0,0224$;

3) частота нормального аллеля (p) в популяции составляет: $1 - q = 0,9776$;

4) частота нормализованного фенотипа составляет: $1 - q^2 = 0,9995$

ИЛИ

4) частота нормализованного фенотипа составляет: $p^2 + 2pq = 0,9776^2 + 2 \cdot 0,9776 \cdot 0,0224 = 0,9557 + 0,0438 = 0,9995$;

5) нормальный фенотип представлен доминантными гомозиготами (AA) и гетерозиготами (Aa);

6) естественный отбор.

(Допускается иная генетическая символика. Должен быть представлен алгоритм решения с использованием формул и/или вычислений. Ответ только в виде числа не засчитывается как верный.)

Не сложил! Нет пояснения!

1 балл

Ответ включает в себя все названные выше элементы и не содержит биологических ошибок	3
Ответ включает в себя четыре-пять из названных выше элементов, которые не содержат биологических ошибок	2
Ответ включает в себя два-три из названных выше элементов, которые не содержат биологических ошибок	1
Все иные ситуации, не соответствующие правилам выставления 3, 2 и 1 балла	0

Пример 2.

Муковисцидоз - моногенное заболевание, возникающее в результате нарушения структуры мембранного транспортера, наследующееся по аутосомно-рецессивному типу. В Австралии заболевание встречается в среднем 16 случаев на 100 000 рождений. При этом частота мутантного аллеля во всей человеческой популяции составляет 0,0224. **Рассчитайте равновесные частоты мутантного и нормального фенотипов во всей человеческой популяции, а также частоту мутантного аллеля среди австралийцев. Поясните ход решения. Какой эволюционный фактор приводит к наблюдаемому различию частот мутантного аллеля? При расчётах округляйте значения до четырех знаков после запятой.** 

Схема решения задачи включает следующие элементы:

1) равновесная частота мутантного фенотипа (aa) составляет: $q^2 = 0,0224^2 = 0,0005$;

2) равновесная частота нормального фенотипа составляет: $1 - q^2 = 0,9995$

ИЛИ

2) равновесная частота нормального фенотипа составляет: $p^2 + 2pq = 0,9776^2 + 2 \cdot 0,9776 \cdot 0,0224 = 0,9557 + 0,0438 = 0,9995$;

3) нормальный фенотип представлен доминантными гомозиготами (AA) и гетерозиготами (Aa);

4) частота мутантного фенотипа (aa) в австралийской популяции составляет: $16/100\ 000 = 0,0002$ (0,00016);

5) частота мутантного аллеля (q) среди австралийцев составляет: $q = \sqrt{0,0002} = 0,0141$ (0,0126);

6) дрейф генов (эффект основателя, изоляция).

Генетические задачи линии 28

Проверяют практические умения решать генетические задачи, составлять схемы скрещивания и **объяснять полученные результаты**.

Все задачи на дигибридное скрещивание:

- независимое наследование признаков;
- сцепленное наследование в аутосомах;
- сцепленное с полом наследование;
- сцепленное наследование в половых хромосомах;
- псевдоаутосомные участки в половых хромосомах;
- голландрический тип наследования.



Алгоритм обучения решению заданий линии 28 (генетических задач)

- **Внимательное изучение** по тексту и рисункам учебников закономерностей наследования, установленных Г. Менделем, их *цитологических основ, закона сцепленного наследования признаков Т. Моргана, нарушения сцепления генов, наследования признаков, сцепленных с полом.*
- **Отработка умения анализировать условие задачи**, определять тип и характер наследования, доминантность-рецессивность признаков.
- **Отработка умения составлять схему скрещивания, решетку Пеннета.**
- **Отработка алгоритмов решения** генетических задач разного типа.
- **Тренировка в формулировании/написании последовательных, полных аргументированных ответов.**
- **Решение задач** данного типа, с учетом критериев.

Особенности оценивания заданий линии 28



- Схема решения задачи в работе должна содержать **генотипы и фенотипы родителей, типы гамет, генотипы и фенотипы потомков**, в случае сцепленного с полом наследования – **пол потомков**.
- В ответе при отсутствии **объяснения результатов** скрещивания высший балл не присуждается даже в случае правильного решения задачи.
- В задачах на сцепленное наследование в ответе участника обязательно должно быть объяснение, какие аллели сцеплены и в каком случае нарушается сцепление генов. Если ответ имеет правильную схему скрещивания, но неверное объяснение сцепления генов, то больше 1 балла за такой ответ не выставляется.
- Если в задаче требуется указать закон наследственности, то должно быть указано его название. Если в ответе указан только номер закона или автор (1-й закон, закон Менделя, закон Моргана), то ответ не принимается как верный и балл не выставляется.

Задача на построение хромосомы

Выделяем важные элементы условия

- При скрещивании высокого растения томата с овальными плодами и карликового растения с округлыми плодами всё потомство получилось высокое с округлыми плодами. В анализирующем скрещивании гибридного потомства получилось четыре разные фенотипические группы: 14, 18, 82, 86. 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.

Анализ задачи на построение хромосомы

- По первому предложению определяем:
 - о каких признаках идёт речь, каковы альтернативные проявления каждого признака;
 - единообразии потомства в первом скрещивании указывает на то, какие признаки доминантные, какие рецессивные, что скрещиваемые особи были дигомозиготы.
- По первому скрещиванию **непонятно**, какой тип наследования признаков.
- Второе скрещивание анализирующее, в потомстве 4 фенотипических группы, среди которых 2 малочисленные → сцепленное наследование признаков, сцепление неполное, есть кроссинговер.
- Записываем схемы скрещивания, указываем генотипы, фенотипы родителей и потомства, во втором скрещивании указываем количество потомков каждой фенотипической группы.
- По суммарному количеству перекомбинированных фенотипов узнаём % кроссинговера, который равен расстоянию между генами (1% кроссинговера - 1 морганида).
- Чертим генетическую карту с указанием расстояния между генами.
- Записываем тип наследования: сцепленное наследование генов.

Решение задачи на построение хромосомы

Схема решения задачи включает:

1) P AAbb × aaBB
G Ab aB

F₁ AaBb – высокое растение, округлые плоды;

2) анализирующее скрещивание

P AaBb × aabb
G AB, Ab, aB, ab ab

F₂

AaBb – высокое растение, округлые плоды, 14 или 18;

Aabb – высокое растение, овальные плоды, 82 или 86;

aaBb – карликовое растение, округлые плоды, 86 или 82;

aabb – карликовое растение, овальные плоды, 18 или 14;

3) a 16% b, ИЛИ A 16% B,



ИЛИ a 16% B, ИЛИ A 16% b



Тип наследования генов – сцепленное наследование.

(допускается генетическая символика изображения сцепленных генов в виде  .)

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

(допускается генетическая символика изображения сцепленных

генов в виде )

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

Схема решения задачи включает:

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

2) анализирующее скрещивание

P AaBb × aabb
 G AB, Ab, aB, ab ab
 F₂
 AaBb – высокое растение, округлые плоды, 14 или 18;
 Aabb – высокое растение, овальные плоды, 82 или 86;
 aaBb – карликовое растение, округлые плоды, 86 или 82;
 aabb – карликовое растение, овальные плоды, 18 или 14;

3) a 16% b , ИЛИ A 16% B ,

 ИЛИ a 16% B , ИЛИ A 16% b ,


Тип наследования генов – сцепленное наследование.

Работа ученика

№ 8

Дано: A – высок
 a – карлик
 B – округ
 b – овал

Решение

P₁: AA bb × aa BB
 выс. овал карлик. округ

G: (Ab) (aB)

F₁: Aa Bb
 выс. округ

P₂: Aa Bb × aa bb
 выс. округ кар. овал

G: (AB) (ab)
 (Ab) (aB) } кроссоверные

F₂: Aa Bb : aa bb : A abb : aa Bb
 выс. округ кар. овал выс. овал кар. округ
 (82) (86) (14) (18)

A 16% b A 84% B

3) Независимое наследование. !

0 баллов

Задачи на сцепление генов в половых хромосомах

- У человека между аллелями генов ихтиоза (заболевания кожи) и гемофилии происходит кроссинговер. Женщина, не имеющая этих заболеваний, у дигомозиготной матери которой был ихтиоз, а у отца гемофилия вышла замуж за мужчину, не имеющего этих заболеваний. Родившаяся в этом браке монозиготная здоровая дочь вышла замуж за мужчину, не имеющего этих заболеваний. В их семье родился ребёнок-гемофилик. Составьте схему решения задачи. Укажите генотипы и фенотипы родителей и генотипы, фенотипы и пол возможного потомства в двух браках. Возможно ли в первом браке рождение больного этими заболеваниями ребёнка. Ответ поясните.

Алгоритм решения задачи

1. Между аллелями генов ихтиоза (заболевания кожи) и гемофилии происходит **кроссинговер**, следовательно, оба гена находятся в X-хромосоме.
2. Анализируем сведения и определяем генотип матери: у женщины нет этих заболеваний, следовательно, в генотипе есть доминантные гены из каждой пары; у дигомозиготной матери был ихтиоз, следовательно, дочь получила от матери рецессивный ген; а у отца гемофилия, ген гемофилии унаследован дочерью от отца (дочь всегда получает от отца X-хромосому). **Обратите внимание!** Рецессивные гены будут располагаться в разных X-хромосомах, так как один рецессивный ген получен от матери, другой от отца. Генотип матери: $X^{Ah}X^{aH}$
3. Анализируем сведения и определяем генотип отца: мужчина не имеет этих заболеваний, следовательно в X-хромосоме содержатся доминантные гены, генотип отца: $X^{AH}Y$

Алгоритм решения задачи

4. Записываем схему скрещиванию и возможное потомство, обязательно указываем пол детей:

1) P ♀ $X^{Ah}X^{aH}$ х ♂ $X^{AH}Y$
здоровая кожа здоровая кожа
отсутствие гемофилии отсутствие гемофилии
G X^{Ah} X^{aH} X^{AH} X^{ah} X^{AH} Y

F₁ $X^{Ah}X^{AH}$ -дочь здоровая кожа, отсутствие гемофилии
 $X^{aH}X^{AH}$ - дочь здоровая кожа, отсутствие гемофилии
 $X^{HA}X^{AH}$ - дочь здоровая кожа, отсутствие гемофилии
 $X^{ah}X^{AH}$ - дочь здоровая кожа, отсутствие гемофилии
 $X^{Ah}Y$ - сын здоровая кожа, гемофилик
 $X^{aH}Y$ –сын ихтиоз, отсутствие гемофилии
 $X^{ah}Y$ –сын ихтиоз, и гемофилия
 $X^{AH}Y$ - сын здоровая кожа, отсутствие гемофилии

Алгоритм решения задачи

5. Находим среди детей, родившихся в этом браке монозиготную здоровую дочь, ее генотип $X^{Ah} X^{AH}$

6. Дочь вышла замуж за мужчину, не имеющего этих заболеваний, следовательно, его генотип: $X^{AH} Y$

7. Записываем схему второго скрещивания:

P:	$\text{♀ } X^{Ah} X^{AH}$	x	$\text{♂ } X^{AH} Y$
	здоровая кожа		здоровая кожа
	отсутствие гемофилии		отсутствие гемофилии
G	$X^{Ah} \quad X^{AH}$		$X^{AH} \quad Y$

F₂ $X^{Ah} X^{AH}$ - дочь здоровая кожа, отсутствие гемофилии

$X^{AH} X^{AH}$ - дочь здоровая кожа, отсутствие гемофилии

$X^{Ah} Y$ - сын здоровая кожа, гемофилик

$X^{AH} Y$ сын здоровая кожа, отсутствие гемофилии

Алгоритм решения задачи

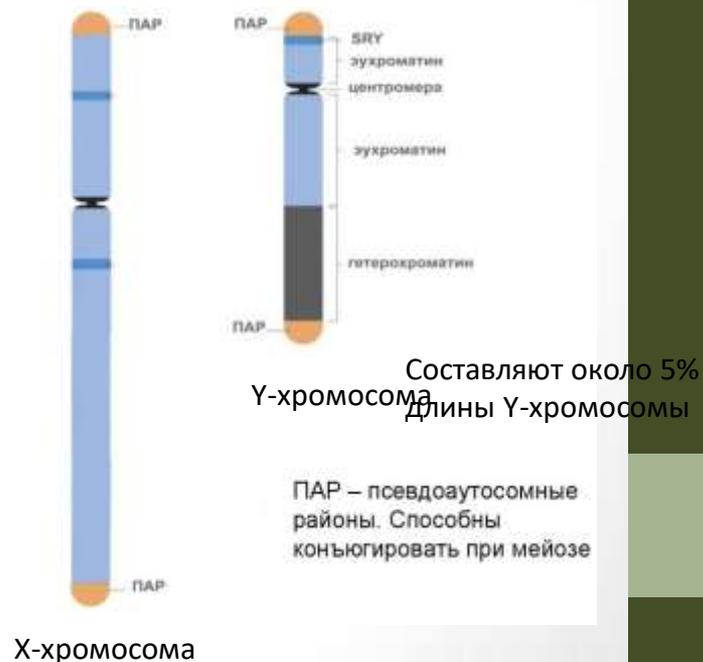
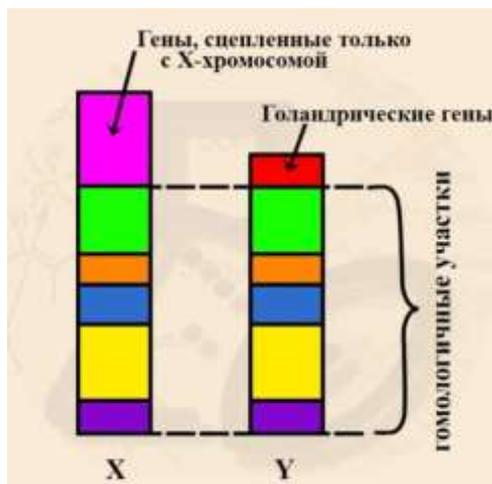
8. Отвечаем на вопрос задачи: возможно ли в первом браке рождение больного этими заболеваниями ребёнка?

Поясняем ответ.

- В первом браке возможно рождение сына-гемофилика с ихтиозом ($X^{ah} Y$). В генотипе этого ребёнка находится материнская, образованная в результате кроссинговера X-хромосома с двумя рецессивными аллелями, и отцовская Y-хромосома, не содержащая аллелей этих двух генов.

Задачи на псевдоаутосомные участки и голандрическое наследование

- **Псевдоаутосомное наследование** – это тип наследования генов, расположенных в псевдоаутосомных областях X- и Y-хромосом, обычно гомологичных в двух половых хромосомах. X- и Y-хромосомы негомологичные, т.е. имеют разное строение, но небольшие участки этих хромосом гомологичные, т.е. имеют аллельные гены.



Задачи на псевдоаутосомные участки и голандрическое наследование

- **Голандрическое наследование (holandric inheritance)** [греч. *holos* — весь, полностью и *aner (andros)* — мужчина] — наследование признака, контролируемого геном, локализованным в негомологичной части Y-хромосомы. Гены, ответственные за развитие признака находятся только в Y-хромосоме, передаются по мужской линии без пропуска поколений. Примеры признаков: гипертрихоз ушных раковин, избыточный рост волос на средних фалангах пальцев кистей, азооспермия.
- Y-хромосома не имеет себе гомологичную, нет аллелей (различные формы одного и того же гена, расположенные в одинаковых участках (локусах) гомологичных хромосом). Ген **не может быть доминантным или рецессивным.**



Y-СПЕЛЕННОЕ, ИЛИ
ГОЛАНДРИЧЕСКОЕ, НАСЛЕДОВАНИЕ

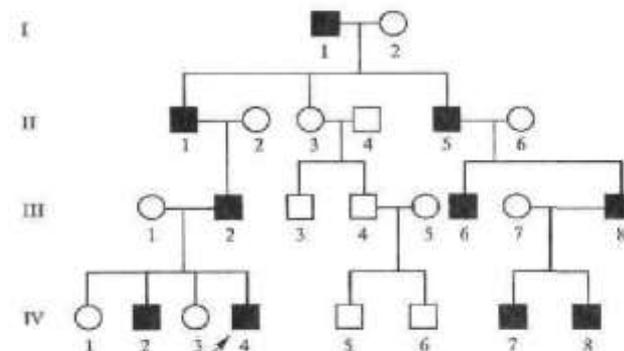


рис. IX.16. Родословная с Y-спеленным (голандрическим) типом наследования признака (оволосение средней фаланги пальца)

Задача на псевдоаутосомные участки в половых хромосомах

- На X- и Y-хромосомах человека существуют псевдоаутосомные участки, содержащие аллели одного гена, между которыми может происходить кроссинговер. Один из таких генов вызывает аномалии в развитии кисти. Рецессивный аллель гена отсутствия потовых желез наследуется сцепленно с полом. Женщина с нормальным развитием кисти и отсутствием потовых желез вышла замуж за гетерозиготного мужчину с аномалией развития кисти и наличием потовых желез. Его мать, гомозиготная по гену аномалии кисти, имела нормальную кисть. Родившаяся в этом браке дочь с аномалией развития кисти вышла замуж за мужчину без названных заболеваний. Определите генотипы родителей и генотипы, фенотипы, пол возможного потомства. Возможно ли рождение во втором браке ребёнка, страдающего двумя названными заболеваниями? Ответ поясните.

Задачи на псевдоаутосомные участки в половых хромосомах

- На X- и Y-хромосомах человека существуют псевдоаутосомные участки, которые содержат аллели одного гена, и между ними может происходить кроссинговер.
- Эта часть условия задачи говорит нам о том, что рассматриваемый ген располагается и в X- и в Y- хромосомах!
- Сказано, что это заболевание связано с аномалией кисти, но какой признак доминантный, какой рецессивный в условии не указано. Ищем информацию в условии задачи, которая поможет нам ответить на этот вопрос.
- «... вышла замуж за **гетерозиготного** мужчину с аномалией развития кисти и наличием потовых желез». Если у гетерозиготы проявляется признак, значит он доминантный.
- Следовательно, аномалия кисти – доминантный признак, аллели этого гена находятся и в X- и в Y- хромосомах.
- О втором признаке есть полная информация в задаче: «рецессивный аллель отсутствия потовых желез наследуется сцеплено с полом».

Задачи на псевдоаутосомные участки в половых хромосомах

- Записываем условие:
- X^A , Y^A – аномалия в развитии кисти,
- X^a , Y^a – нормальное развитие скелета
- X^B – есть потовые железы
- X^b – отсутствие потовых желёз
- Женщина с нормальным развитием кисти и отсутствием потовых желез, следовательно, она – рецессивная гомозигота:
 $x^{ab} x^{ab}$
- Мужчина гетерозиготный с аномалией развития кисти и наличием потовых желез. Его мать, гомозиготная по гену аномалии кисти, имела нормальную кисть .
Следовательно, от матери мужчина получает X-хромосому с рецессивным аллелем X^a , а Y-хромосома содержит доминантный аллель данного гена - Y^A . Другого заболевания у мужчины тоже нет, следовательно, в X-хромосоме содержится доминантный ген X^B , Y-хромосома не содержит аллелей данного гена!

Решение задачи

Схема решения задачи включает:

1) P ♀ $X^{ab}X^{ab}$ × ♂ $X^{aB}Y^A$
 нормальное развитие кисти, — аномалия развития кисти, —
 отсутствие потовых желёз наличие потовых желёз
 G X^{ab} X^{aB}, X^{AB}, Y^A, Y^a
 F₁
 генотипы, фенотипы возможных дочерей:
 $X^{ab}X^{aB}$ — нормальное развитие кисти, наличие потовых желёз;
 $X^{ab}X^{AB}$ — аномалия развития кисти, наличие потовых желёз;
 генотипы, фенотипы возможных сыновей:
 $X^{ab}Y^A$ — аномалия развития кисти, отсутствие потовых желёз;
 $X^{ab}Y^a$ — нормальное развитие кисти, отсутствие потовых желёз;

2) ♀ $X^{ab}X^{AB}$ × ♂ $X^{aB}Y^a$
 аномалия развития кисти, нормальное развитие кисти,
 наличие потовых желёз наличие потовых желёз
 G $X^{ab}, X^{AB}, X^{aB}, X^{Ab}$ X^{aB}, Y^a
 F₂
 генотипы, фенотипы возможных дочерей:
 $X^{ab}X^{aB}$ — нормальное развитие кисти, наличие потовых желёз;
 $X^{AB}X^{aB}$ — аномалия развития кисти, наличие потовых желёз;
 $X^{aB}X^{aB}$ — нормальное развитие кисти, наличие потовых желёз;
 $X^{Ab}X^{aB}$ — аномалия развития кисти, наличие потовых желёз;
 генотипы, фенотипы возможных сыновей:
 $X^{ab}Y^a$ — нормальное развитие кисти, отсутствие потовых желёз;
 $X^{AB}Y^a$ — аномалия развития кисти, наличие потовых желёз;
 $X^{aB}Y^a$ — нормальное развитие кисти, наличие потовых желёз;
 $X^{Ab}Y^a$ — аномалия развития кисти, отсутствие потовых желёз;

Задачи на голандрический тип наследования

- 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 пигментную ксеродерму (повышенную чувствительность к ультрафиолетовому облучению). Аллель гена избыточного роста волос на средних фалангах пальцев кистей наследуется голандрически (наследование по гетерогаметному полу). Женщина с пигментной ксеродермой и отсутствием избыточного роста волос вышла замуж за мужчину без пигментной ксеродермы и с избыточным ростом волос на средних фалангах пальцев кистей, гомозиготная мать которого страдала пигментной ксеродермой. Родившаяся в этом браке дочь без указанных аномалий вышла замуж за мужчину с пигментной ксеродермой и с отсутствием избыточного роста волос на средних фалангах пальцев кистей. **Определите генотипы родителей и генотипы, фенотипы, пол возможного потомства. Возможно ли рождение в первом браке ребёнка с двумя названными аномалиями? Ответ поясните.**

Критерии оценивания

Схема решения задачи включает:

1) P ♀ X^aX^a × ♂ X^aY^{Ab}
 G X^a X^a, X^A, Y^{Ab}, Y^{ab}
 F₁

генотипы, фенотипы возможных дочерей:

X^aX^a – пигментная ксеродерма, отсутствие избыточного роста волос;

X^AX^a – отсутствие пигментной ксеродермы, отсутствие избыточного роста волос;

генотипы, фенотипы возможных сыновей:

X^aY^{Ab} – отсутствие пигментной ксеродермы, избыточный рост волос;

X^aY^{ab} – пигментная ксеродерма, избыточный рост волос;

2) ♀ X^AX^a × ♂ X^aY^a
 G X^A, X^a X^a, Y^a
 F₂

генотипы, фенотипы возможных дочерей:

X^AX^a – отсутствие пигментной ксеродермы, отсутствие избыточного роста волос;

X^aX^a – пигментная ксеродерма, отсутствие избыточного роста волос;

генотипы, фенотипы возможных сыновей:

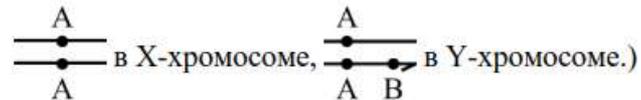
X^AY^a – отсутствие пигментной ксеродермы, отсутствие избыточного роста волос;

X^aY^a – пигментная ксеродерма, отсутствие избыточного роста волос;

3) в первом браке возможно рождение сына с пигментной ксеродермой и избыточным ростом волос (X^aY^{ab}). В генотипе этого ребёнка 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.)

Допускается иная генетическая символика изображения генов:



Элементы 1 и 2 засчитываются только при наличии и генотипов, и фенотипов, и пола всех возможных потомков.

Ответ «здоров» или «норма» считать верным

Ген гипертрихоза не может быть доминантным или рецессивным!

Источники

- В.С. Рохлов, Р.А. Петросова. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ для учителей, подготовленные на основе анализа типичных ошибок участников ЕГЭ 2024 года по БИОЛОГИИ
- ЕГЭ 2025 Биология. Типовые экзаменационные варианты. 30 вариантов. под редакцией В. С. Рохлова.- М.: Национальное образование, 2024.
- <https://fipi.ru/materials>
- <https://bio-ege.sdangia.ru/>

ABC

*Спасибо за
внимание!*

