

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 2023. Часть 2.

№ задания	Проверяемые элементы содержания / умения	Уровень сложности задания	Средний % выполнения
23	Применение биологических знаний в практических ситуациях, анализ экспериментальных данных методология эксперимента)	П	41,69
24	Применение биологических знаний в практических ситуациях, анализ экспериментальных данных (выводы по результатам эксперимента и прогнозы)	В	22,13
25	Задание с изображением биологического объекта	В	28,89
26	Обобщение и применение знаний о человеке и многообразии организмов	В	20,89
27	Обобщение и применение знаний по общей биологии (клетке, организму, эволюции органического мира и экологических закономерностях) в новой ситуации	В	16,76
28	Решение задач по цитологии на применение знаний в новой ситуации	В	27,87
29	Решение задач по генетике на применение знаний в новой ситуации	В	25,47

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



Слагаемые успеха в решении заданий КИМ ЕГЭ по биологии



- Освоение полного *объема знаний, умений их применить* в новой ситуации.
- Освоение *умения интегрировать знания, использовать межпредметные связи.*
- Освоение *умения многоаспектного рассмотрения объектов и процессов* (структурно-функциональный, эволюционный, экологический).
- *Освоение алгоритмов* выполнения разного вида задания.
- *Изучение требований к оцениванию* определённого вида задания.

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*).



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): знать и понимать методы научного познания, уметь объяснять и анализировать экспериментальные данные.

Особенности оценивания заданий линии 22

- В заданиях этой линии в 2023 году при неполном ответе, включающем только один первый элемент: *указаны обе переменные, или правильно сформулирована нулевая гипотеза* за ответ выставлялся **1 балл**.
- В 2024 году уже нет такого указания и для получения одного балла необходимо присутствие *двух элементов* ответа.

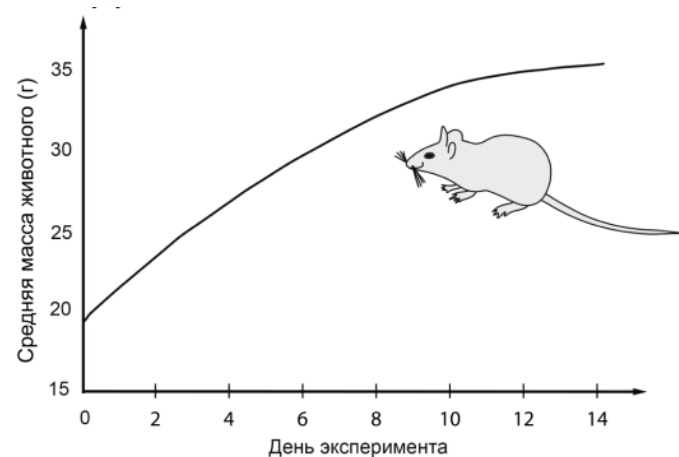


Задание линии 22. Нулевая гипотеза

Учёный провёл эксперимент со взрослыми домовыми мышами (*Mus musculus*). Для этого он кормил их в течение 14 дней пищей, солёность которой превышала нормальную в 1,2 раза. В течение всего периода наблюдения он измерял массу тела мышей. Полученные данные представлены на графике.

Какую нулевую гипотезу смог сформулировать исследователь перед постановкой эксперимента? Объясните, почему для эксперимента использовалась группа мышей, а не одна особь. Почему результаты эксперимента могут быть недостоверными, если состав корма в разные дни различался, но степень солёности сохранялась?

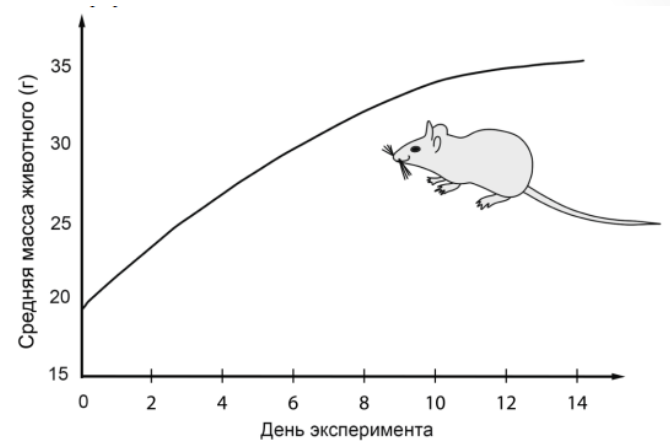
***Нулевая гипотеза** – принимаемое по умолчанию предположение, что не существует связи между двумя наблюдаемыми событиями, феноменами.



Задание линии 22. Нулевая гипотеза

Учёный провёл эксперимент со взрослыми домовыми мышами (*Mus musculus*). Для этого он кормил их в течение 14 дней пищей, солёность которой превышала нормальную в 1,2 раза. В течение всего периода наблюдения он измерял массу тела мышей. Полученные данные представлены на графике.

Дано



Какую нулевую гипотезу смог сформулировать исследователь перед постановкой эксперимента?

Объясните, почему для эксперимента использовалась группа мышей, а не одна особь.

Почему результаты эксперимента могут быть недостоверными, если состав корма в разные дни различался, но степень солёности сохранялась?

Вопросы

1) нулевая гипотеза – масса животного (масса мышей) не зависит от солёности пищи (времени, в течение которого мышей кормили солёным кормом);

2) использование группы мышей повышает достоверность результата (позволяет уменьшить погрешность измерения)

ИЛИ

2) использование группы мышей исключает влияние индивидуальной изменчивости на результат;

3) разные корма могут по-разному влиять на прирост массы мышей (могут иметь различную калорийность; могут усваиваться по-разному);

4) зависимость между массой тела и солёностью корма не удастся установить в явном виде.

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
Все иные ситуации, не соответствующие правилам выставления 3, 2 и 1 балла	0
Максимальный балл	3

- 1) Нулевая гипотеза – масса тела мышей употребляющих более солёную пищу не увеличивается. -
- 2) Использование группы мышей исключает влияние индивидуальных особенностей метаболизма каждой отдельной мыши на результат эксперимента. +
- 3) Пищевой состав корма, как и его солёность, может влиять на увеличение или уменьшение массы тела мыши. +

Оценка – 1 балл

Содержание верного ответа и указания по оцениванию
(допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)

Элементы ответа:

1) нулевая гипотеза – масса животного (масса мышей) не зависит от солёности пищи (времени, в течение которого мышей кормили солёным кормом);

2) использование группы мышей повышает достоверность результата (позволяет уменьшить погрешность измерения)

ИЛИ

2) использование группы мышей исключает влияние индивидуальной изменчивости на результат;

3) разные корма могут по-разному влиять на прирост массы мышей (могут иметь различную калорийность; могут усваиваться по-разному);

4) зависимость между массой тела и солёностью корма не удастся установить в явном виде.

Задание линии 22. Отрицательный контроль.

Экспериментатор изучал особенности физиологии собак. Для этого он помещал группу собак в камеру с влажностью 50% и создавал в камере отличные от оптимума (18 °C) температурные условия. Полученные результаты представлены в таблице.

Какая переменная в этом эксперименте будет независимой (задаваемой экспериментатором), а какая – зависимой (изменяющейся в эксперименте)? Какие два условия должны выполняться при постановке отрицательного контроля* в этом эксперименте. С какой целью необходимо осуществлять такой контроль?

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

Температура, °C	Частота дыхания собак, вдохов/мин.				
	Собака 1	Собака 2	Собака 3	Собака 4	Собака 5
0	34	38	37	36	38
25	150	140	180	158	164
35	357	400	385	340	315

Элементы ответа:

1) независимая (задаваемая экспериментатором) переменная – температура в камере; зависимая (изменяющаяся в эксперименте) – частота дыхания собаки (количество вдохов в минуту) (должны быть указаны обе переменные.);

2) измерить частоту дыхания у собак при оптимальной (фиксированной) температуре (при температуре 18 °C);

3) остальные параметры оставить без изменений;

4) такой контроль позволяет установить, действительно ли изменение температуры приводит к изменению частоты дыхания у собак, ИЛИ

4) такой контроль позволяет проверить, насколько изменения в частоте дыхания собак обусловлены факторами, не связанными с изменением температуры окружающей среды.

Работа ученика

23) независимая - температура в камере

зависимая - частота дыхания собак

+

1. остальные условия опыта остаются теми же (неизменяются)

+

2. Остаточный контроль должен проводиться при оптимальной температуре.

+

Он ставится для того, чтобы выявить наличие связи между исследуемыми признаками и экспериментальными воздействиями

Неконкретно!

Оценка – 2 балла

	Баллы
1)	
Элементы ответа:	
1) независимая (задаваемая экспериментатором) переменная – температура в камере; зависимая (изменяющаяся в эксперименте) – частота дыхания собаки (количество вдохов в минуту) (Должны быть указаны обе переменные.);	
2) измерить частоту дыхания у собак при оптимальной (фиксированной) температуре (при температуре 18 °С);	
3) остальные параметры оставить без изменений;	
4) такой контроль позволяет установить, действительно ли изменение температуры приводит к изменению частоты дыхания у собак,	
ИЛИ	
4) такой контроль позволяет проверить, насколько изменения в частоте дыхания собак обусловлены факторами, не связанными с изменением температуры окружающей среды.	
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
Максимальный балл	3

Задания линии 24

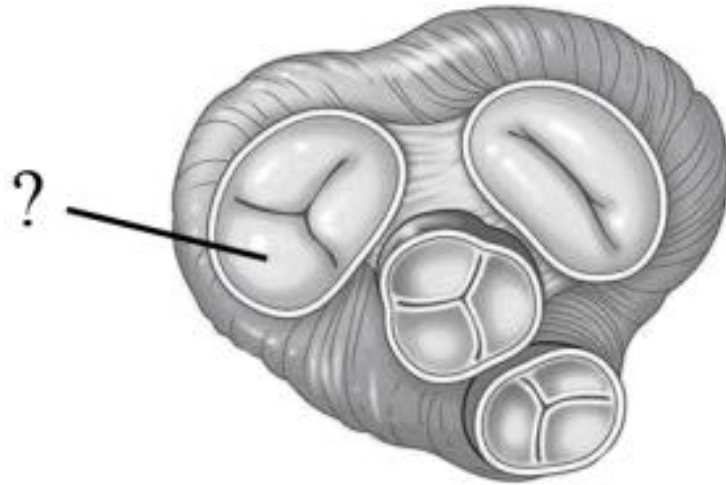
- Задания **линии 24** предусматривают ответы на вопросы в контексте изображённого биологического объекта (фрагмента).
- В заданиях этой линии требуется применить имеющиеся знания из всех разделов учебного предмета биологии для определения изображённого объекта, часто – его систематической принадлежности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

Какая структура сердца человека обозначена на рисунке вопросительным знаком? Какова особенность её строения и где она расположена? В чём заключается функция этой структуры? В каких состояниях находится данная структура в момент систолы желудочков и момент общей диастолы сердца?

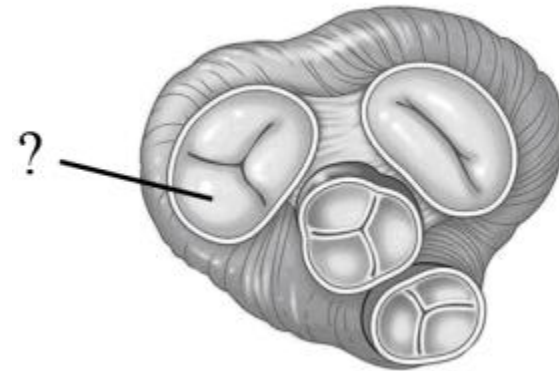


Пример задания линии 24

Какая структура сердца человека обозначена на рисунке вопросительным знаком? Какова особенность её строения и где она расположена? В чём заключается функция этой структуры? В каких состояниях находится данная структура в момент систолы желудочков и момент общей диастолы сердца?

Элементы ответа:

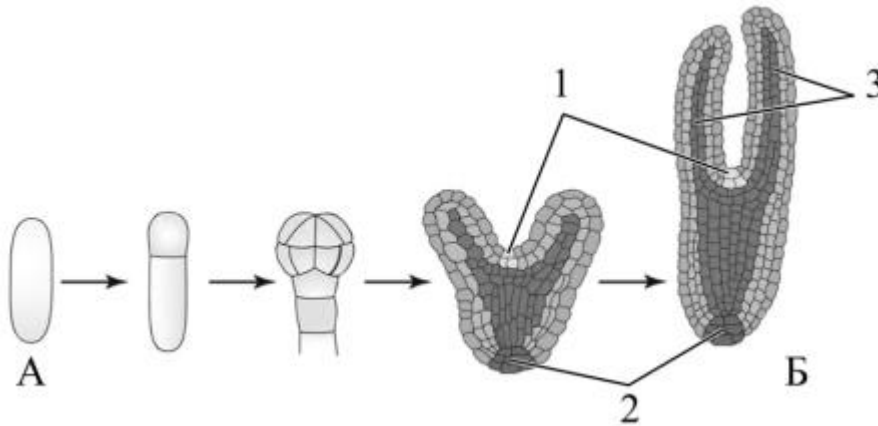
- 1) трёхстворчатый (трикуспидальный) клапан;
- 2) имеет три створки;
- 3) расположен между правым предсердием и правым желудочком;
- 4) препятствует обратному току крови в предсердие;
- 5) в момент систолы желудочков клапан закрыт;
- 6) в момент общей диастолы клапан сердца открыт.



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

Пример задания линии 24

- На схеме изображены начальные стадии развития двудольного растения с момента оплодотворения. Назовите объекты, обозначенные на рисунке буквами А и Б. Назовите структуры семени покрытосеменных растений, развивающиеся из участков 1, 2, 3. Какую функцию выполняет ткань, образующая структуры 1 и 2?

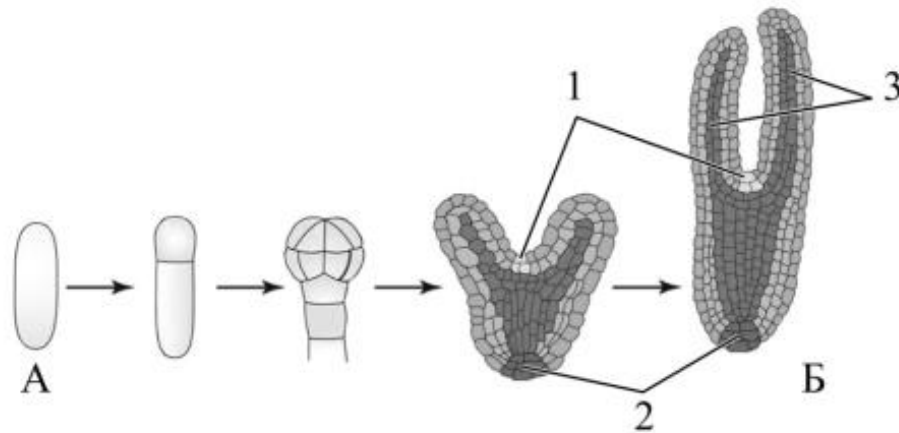


Пример задания линии 24

- На схеме изображены начальные стадии развития двудольного растения с момента оплодотворения. Назовите объекты, обозначенные на рисунке буквами А и Б. Назовите структуры семени покрытосеменных растений, развивающиеся из участков 1, 2, 3. Какую функцию выполняет ткань, образующая структуры 1 и 2?

Элементы ответа:

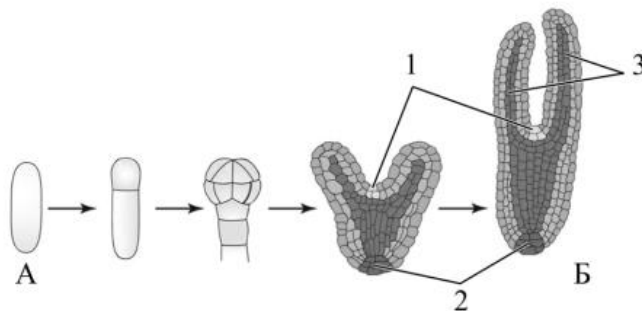
- 1) А – зигота;
- 2) Б – зародыш (зародыш семени);
- 3) 1 – зародышевая почечка (верхушечная меристема; конус нарастания);
- 4) 2 – зародышевый корешок;
- 5) 3 – семядоли (зародышевые листья);
- 6) деление клеток (дифференциация тканей).



Пример задания линии 24

- На схеме изображены начальные стадии развития двудольного растения с момента оплодотворения. Назовите объекты, обозначенные на рисунке буквами А и Б. Назовите структуры семени покрытосеменных растений, развивающиеся из участков 1, 2, 3. Какую функцию выполняет ткань, образующая структуры 1 и 2?

- 1) А – зигота⁺, Б – зародыш⁺ семени.⁺
 2) 1 – зачаток побега, 2 – ~~э~~контур семени, 3 – семядоли
 3) 1 – образовательная функция, 2 – ~~э~~защитная.[?] –



16балл

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
<p>Элементы ответа:</p> <p>1) А – зигота; 2) Б – зародыш (зародыш семени); 3) 1 – зародышевая почечка (верхушечная меристема; конус нарастания); 4) 2 – зародышевый корешок; 5) 3 – семядоли (зародышевые листья); 6) деление клеток (дифференциация тканей).</p> <p>За дополнительную информацию, не имеющую отношения к вопросу задания, баллы не начисляются, но за наличие в ней ошибок снимается 1 балл</p>	
Ответ включает в себя все названные выше элементы, 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 три из названных выше элементов, которые не содержат биологических ошибок.	1
ИЛИ Указано более трёх верных элементов, но неверно определён один объект	
Все иные ситуации, не соответствующие правилам выставления 3, 2 и 1 балла.	0
ИЛИ Неверно определены оба объекта	

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 задания линии 25

- Подавляющее большинство взрослых амфибий населяет пресные водоёмы. Однако некоторые амфибии могут обитать в солёных водоёмах. Например, лягушка крабодед (*Fejervarya cancrivora*) может некоторое время находиться в морской воде. Как при переходе лягушки из пресной воды в морскую у неё **изменится концентрация мочевины в крови, объём мочи** и **интенсивность реабсорбции воды в почках**? **Ответ поясните.**

Элементы ответа:

- 1) концентрация мочевины в крови увеличится;
- 2) объём мочи уменьшится;
- 3) интенсивность реабсорбции воды в почках увеличится;
- 4) концентрация солей в морской воде выше, чем в пресной (морская вода гипертонична);
- 5) вода будет выходить из тела лягушки в результате осмоса;
- 6) при переходе в морскую среду у лягушки будет уменьшаться выделение воды (снизится риск обезвоживания организма).



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 три 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

Пример задания линии 25

В зависимости от строения своей молекулы дыхательный белок гемоглобин может иметь различную степень сродства к кислороду, то есть различную способность присоединять кислород к железосодержащему гему. Чем меньше сродство гемоглобина к кислороду, тем медленнее кровь связывает кислород из внешней среды. Как различается сродство гемоглобина к кислороду у высокогорных лам, в отличие от верблюдов, обитающих в степях Монголии? Ответ аргументируйте. Какие параметры форменных элементов крови обеспечивают её кислородную ёмкость (способность насыщаться кислородом) у различных групп позвоночных животных?

Элементы ответа:

- 1) сродство гемоглобина к кислороду больше у высокогорных лам (меньше у верблюдов);
- 2) концентрация кислорода (парциальное давление) в условиях высокогорья ниже, чем в степях Монголии (концентрация кислорода в степях Монголии выше, чем в условиях высокогорья);
- 3) количество эритроцитов;
- 4) наличие или отсутствие ядра в эритроцитах (форма эритроцитов);
- 5) размер эритроцитов;
- 6) количество (концентрация) гемоглобина (в эритроцитах).

Пример задания линии 25

26) 1) Паримается нам, что у высокогорных лам ^{там у верблюдов обитающих в склах} больше ⁺ сродства гемоглобина и кислорода, ~~потому что~~ ламу приходится больше работать ^{связываться} с кислородом и обеспечивать его для жизнедеятельности, т.к.

2) т.к. в горах воздух разрежен и меньше кислорода, следовательно сродство должно быть больше у лам, чем у верблюдов.

3) Форменные элементы обеспечивающие ^е перенос кислорода по всему организму у всех млекопитающих - эритроциты. Они имеют такую ^е парамебриальную форму, для переноса ^е большего кол-ва кислорода, потому что сбрасывают ⁺ ядро в зрелом состоянии

1 балл



Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
<p>Элементы ответа:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) сродство гемоглобина к кислороду больше у высокогорных лам (меньше у верблюдов); 2) концентрация кислорода (парциальное давление) в условиях высокогорья ниже, чем в степях Монголии (концентрация кислорода в степях Монголии выше, чем в условиях высокогорья); 3) количество эритроцитов; 4) наличие или отсутствие ядра в эритроцитах (форма эритроцитов); 5) размер эритроцитов; 6) количество (концентрация) гемоглобина (в эритроцитах). <p>За дополнительную информацию, не имеющую отношения к вопросу задания, баллы не начисляются, но за наличие в ней ошибок снимается 1 балл</p>	
<p>Ответ включает в себя пять-шесть названных выше элементов, не содержит биологических ошибок</p>	3
<p>Ответ включает в себя четыре из названных выше элементов, которые не содержат биологических ошибок</p>	2
<p>Ответ включает в себя три из названных выше элементов, которые не содержат биологических ошибок</p>	1
<p>Все иные ситуации, не соответствующие правилам выставления 3, 2 и 1 балла</p>	0
Максимальный балл	3

Пример задания линии 26

В 2012 г. на Кавказ вместе с растениями для озеленения городской среды завезли бабочек огнёвок, которые стали очень быстро размножаться. Гусеницы огнёвок питаются листьями самшита. В результате к 2016 году от реликтовых самшитовых лесов остались лишь отдельные группы растений. Почему численность бабочек в новых условиях быстро увеличилась? Почему после уничтожения самшита в тёмных самшитовых лесах вымерли многие виды растений подлеска?



Элементы ответа:

- 1) избыток пищевых ресурсов (свободная экологическая ниша);
- 2) слабая межвидовая конкуренция с местными видами;
- 3) отсутствие естественных врагов (хищников; паразитов);
- 4) высокая плодовитость (быстрая смена поколений; высокая скорость размножения);
- 5) в подлеске (в нижнем ярусе) обитают тенелюбивые растения;
- 6) при уничтожении крон избыточное количество света снижало жизнеспособность растений.

Пример задания линии 26

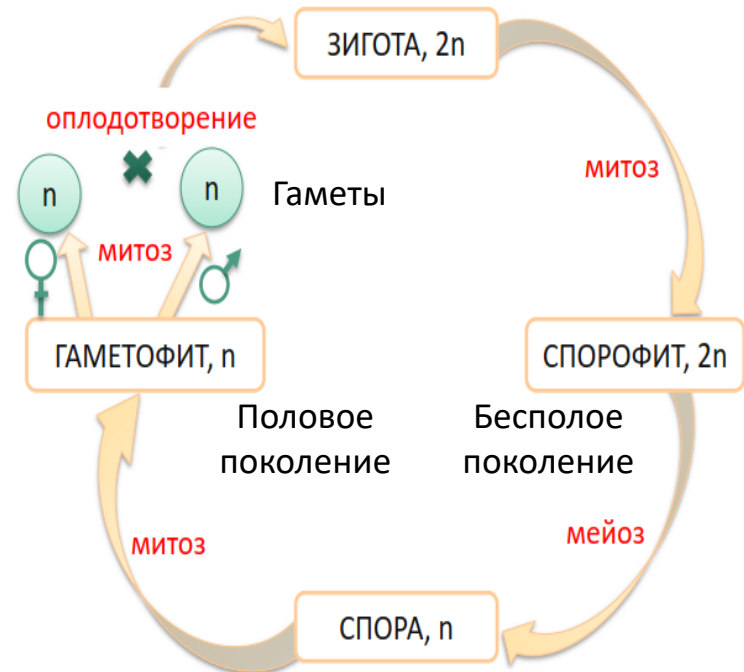
- 1) Габрики огнёвки были инвазивным видом для природы Кавказа, а значит у них не было естественных врагов и они могли беспрепятственно размножаться. ?
- 2) В тёплых ^{в подлеске} ~~самшитовых~~ ^{лиственных} лесах произрастают тенелюбивые растения, с исчезновением самшитовых лесов пропала и отбрасываемая ими тень, что привело к гибели тенелюбивых растений. +
- 3) Растения подлеска питаются минеральными веществами, образованными после разложения опавших частей растений с верхних уровней леса (например иголок), после исчезновения самшитовых лесов, растения подлеска, оставшись без питания, вымерли.

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
<p>Элементы ответа:</p> <p>1) избыток пищевых ресурсов (свободная экологическая ниша);</p> <p>2) слабая межвидовая конкуренция с местными видами;</p> <p>3) отсутствие естественных врагов (хищников; паразитов);</p> <p>4) высокая плодовитость (быстрая смена поколений; высокая скорость размножения);</p> <p>5) в подлеске (в нижнем ярусе) обитают тенелюбивые растения;</p> <p>6) при уничтожении крон избыточное количество света снижало жизнеспособность растений.</p>	
Ответ включает в себя пять-шесть названных выше элементов, 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
Максимальный балл	3

1 балл

Задания линии 27

- Проверяют умения решать задачи по цитологии, 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.



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.
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.

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 двуххроматидные (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 рисца равен 18, т.е. $2n = 18$ хромосом, $2c = 2n = 18$ молекул ДНК.

Ошибка!

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

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

+

Ошибка!

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

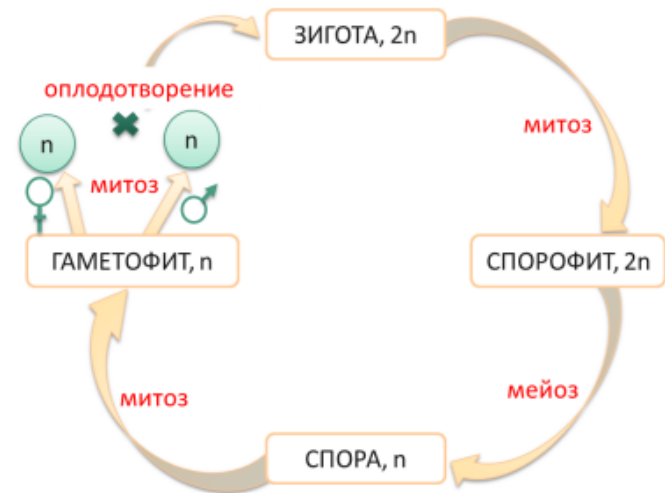
Ошибка!

Ваша оценка?

0 баллов

Пример задания линии 27

- Какой хромосомный набор характерен для клеток хвоинок и спермиев ели? Из каких исходных клеток и в результате какого деления они образуются?



Элементы ответа:

- 1) в клетках хвоинок ели набор хромосом – $2n$ (диплоидный);
- 2) в спермиях ели набор хромосом – n (гаплоидный);
- 3) клетки хвоинок развиваются из зиготы (клеток спорофита);
- 4) клетки хвоинок развиваются в результате митоза;
- 5) спермии образуются из генеративной клетки пыльцевого зерна;
- 6) спермии образуются в результате митоза.

Пример задания линии 27

28.

- 1) Клетки хвощек или имеют диплоидный набор хромосом ($2n$). +
- 2) Клетки спермиев или имеют гаплоидный набор хромосом (n). +
- 3) Клетки хвощек образуются из клеток мериستمов ~~путём~~ митоза. +
- 4) Клетки спермиев образуются из клеток мужского гаметофита ~~путём~~ митоза. -

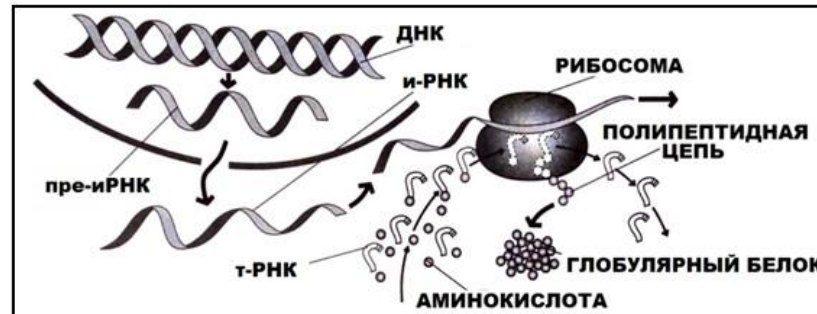
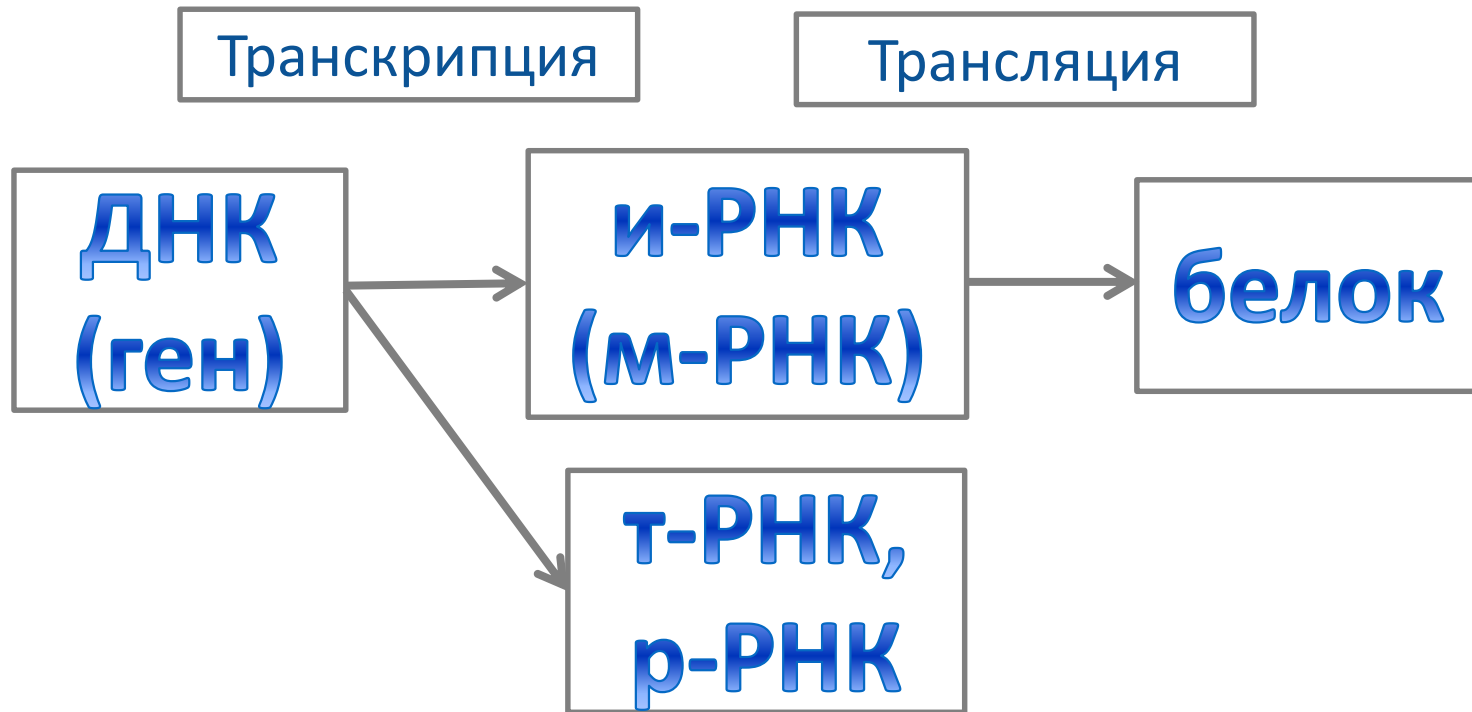
26балла

Микроспорогенез и гаметогенез у семенных растений



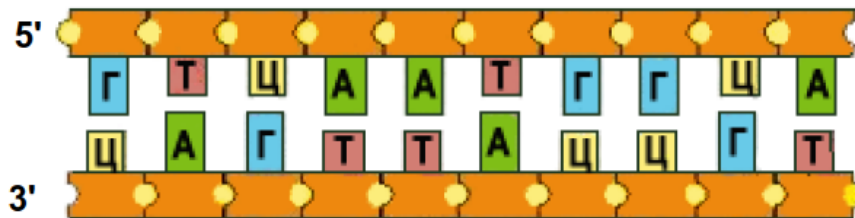
Содержание верного ответа и указания по оцениванию (правильный ответ должен содержать следующие позиции)	Баллы
<p>Элементы ответа:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) в клетках хвощек или набор хромосом – $2n$ (диплоидный); 2) в спермиях или набор хромосом – n (гаплоидный); 3) клетки хвощек развиваются из зиготы (клеток спорофита); 4) клетки хвощек развиваются в результате митоза; 5) спермии образуются из генеративной клетки пыльцевого зерна; 6) спермии образуются в результате митоза. <p>За дополнительную информацию, не имеющую отношения к вопросу задания, баллы не начисляются, но за наличие в ней ошибок снимается 1 балл</p>	
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 три 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

Реализация генетической информации



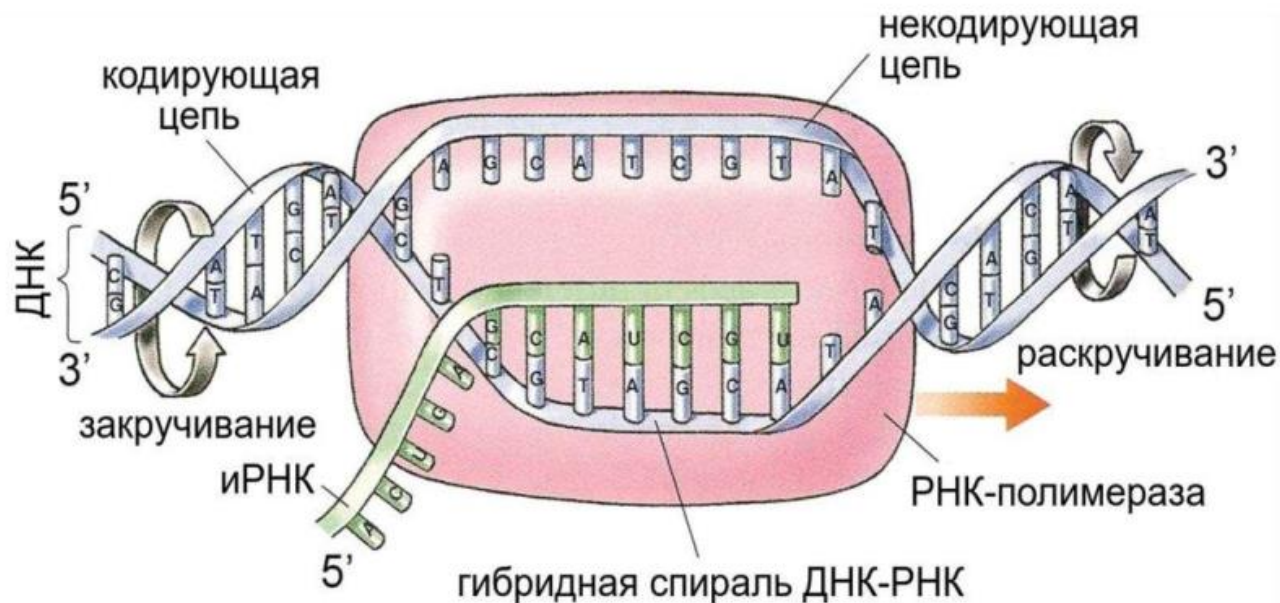
Матрицей для всех видов РНК (иРНК, тРНК, рРНК) служит матричная (транскрибируемая цепь)

ДНК



3' смысловая/кодирующая (нетранскрибируемая) цепь ДНК

5' антисмысловая/матричная (транскрибируемая) цепь ДНК



НАДО ЗАПОМНИТЬ!

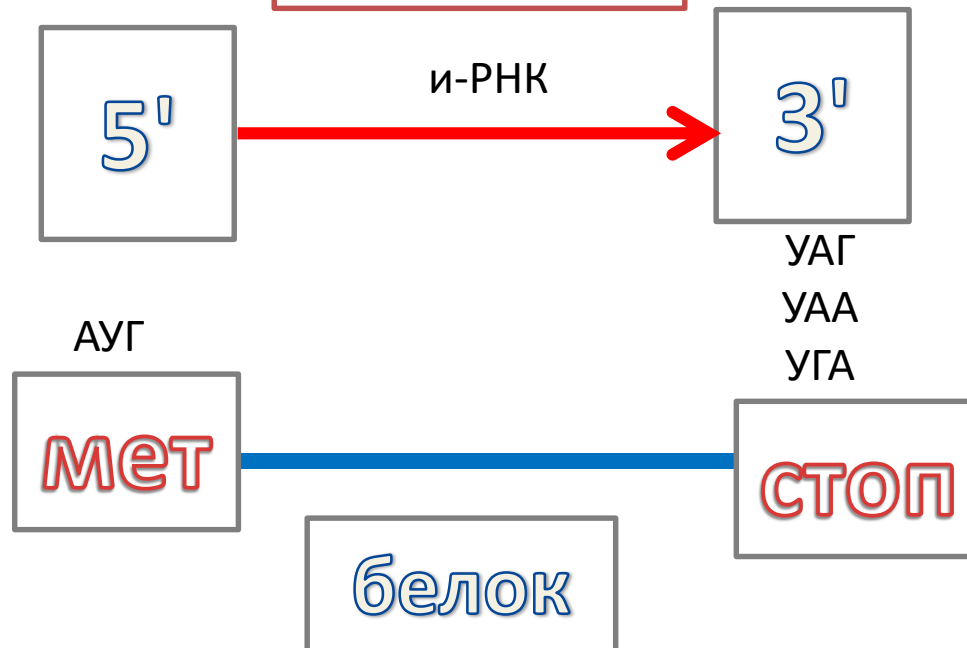
- Антикодоны тРНК читаются в направлении $3' \rightarrow 5'$
- Кодон и антикодон спариваются антипараллельно!



Транскрипция

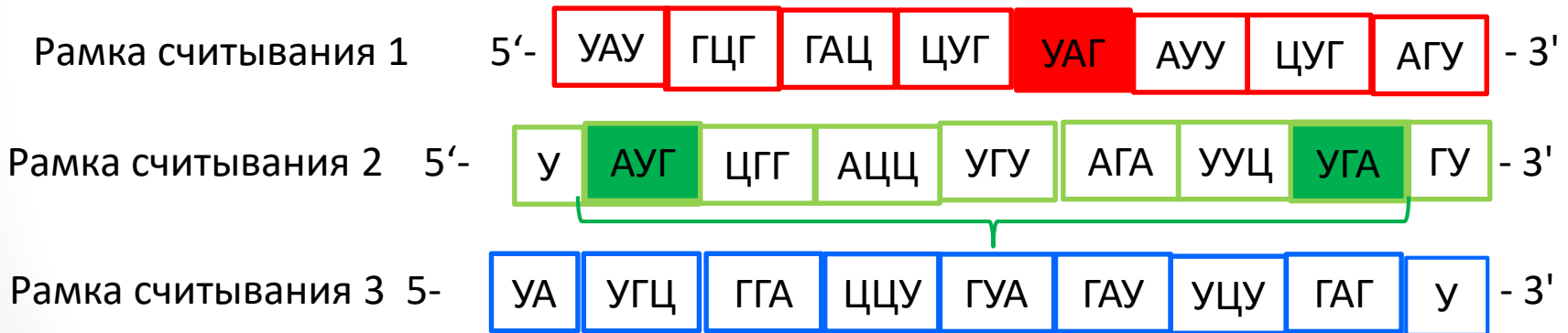


Трансляция



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, включаящая 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

- Известно, что комплементарные цепи нуклеиновых кислот антипараллельны (5' концу 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.
- Ген имеет кодирующую и некодирующую области. Кодирующая область гена, включающая старт-кодон и стоп-кодон, называется открытая рамка считывания. Старт-кодон соответствует триплету, кодирующему аминокислоту **мет**. Фрагмент бактериального гена, содержащий полную открытую рамку считывания, имеет следующую последовательность нуклеотидов:
- **5' - ЦАТГААТГГЦТТГГТЦГГГТГАГЦАТА - 3'**
- **3' - ГТАЦТТАЦЦГААЦЦАГЦЦЦАЦТЦГТАТ - 5'**
- **Определите транскрибируемую цепь ДНК, поясните свой выбор. Запишите открытую рамку считывания на иРНК и последовательность аминокислот полипептидной цепи.** Для выполнения задания используйте таблицу генетического кода. При написании последовательностей нуклеиновых кислот указывайте направление цепи.

п
р
е
а
м
б
у
л
а

Решение

5' - ЦАТГААТГГЦТТГГТЦГГГТГАГЦАТА - 3'
3' - ГТАЦТТАЦЦГААЦЦАГЦЦЦАЦТЦГТАТ - 5'

- 1) транскрибируемая (матричная) цепь ДНК нижняя;
- 2) на иРНК присутствует 5'-АУГ-3' (старт-кодон) (или 3'-ТАЦ-5' на ДНК; или 5'-АТГ-3' на смысловой ДНК);
- 3) на иРНК присутствует 5'-УГА-3' (стоп-кодон) (или 3'-АЦТ-5' на ДНК; или 5'-ТГА-3' на смысловой ДНК);
- 4) открытая рамка считывания: 5'-АУГААУГГЦУУГГУЦГГГУГА-3' ИЛИ 5'-ЦАУГААУГГЦУУГГУЦГГГУГАГЦАУА-3' (с обязательным указанием границ открытой рамки считывания: *подчёркнута, обведена, отмечены начало и конец и т.п.*);
- 5) последовательность аминокислот: мет-асн-гли-лей-вал-гли

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	Асн	Сер	У
	Иле	Тре	Асн	Сер	Ц
	Иле	Тре	Лиз	Арг	А
	Мет	Тре	Лиз	Арг	Г
Г	Вал	Ала	Асп	Гли	У
	Вал	Ала	Асп	Гли	Ц
	Вал	Ала	Глу	Гли	А
	Вал	Ала	Глу	Гли	Г

Пример 2.

- Известно, что все виды РНК синтезируются на ДНК-матрице. Фрагмент молекулы ДНК, на которой синтезируется участок центральной петли тРНК имеет следующую последовательность нуклеотидов (верхняя цепь смысловая, нижняя транскрибируемая)

5'-ЦГААГГТГАЦААТГТ-3'

3'-ГЦТТЦЦАЦТГТТАЦА-5'

- Установите нуклеотидную последовательность участка тРНК, который синтезируется на данном фрагменте, обозначьте 5' и 3' концы этого фрагмента и определите аминокислоту, которую будет переносить эта тРНК в процессе биосинтеза белка, если третий триплет с 5' конца соответствует антикодону тРНК. **Ответ поясните.** Для решения используйте таблицу генетического кода.



Пример 3. Пояснение к решению

5'-ЦГААГГТГАЦААТГТ-3'
3'-ГЦТТЦЦАЦТГТАЦА-5'

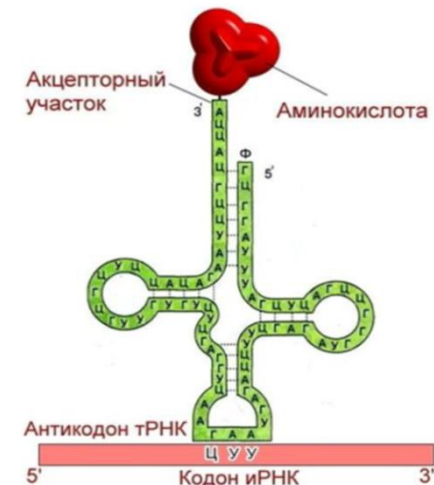
- РНК синтезируется по матричной цепи антипараллельно, т.е. участок т-РНК записываем от 5' к 3' концу.
- Важно! Считывание информации с и-РНК ВСЕГДА начинается с **5' конца!** А поскольку в этой задаче т-РНК тоже начинается с 5' конца, то для того, чтобы правильно построить кодон и-РНК, нужно в уме перевернуть антикодон т-РНК (УГА \longleftrightarrow АГУ), или сразу строить кодон наоборот.

т-РНК: 5'- УГА- 3' \longrightarrow 3'-АГУ-5'

Содержание правильного ответа

Схема решения задачи включает:

- 1) нуклеотидная последовательность участка тРНК:
5'-ЦГААГГУГАЦААУГУ-3';
- 2) нуклеотидная последовательность антикодона УГА (третий триплет) соответствует кодону на иРНК УЦА;
- 3) по таблице генетического кода этому кодону соответствует аминокислота -Сер, которую будет переносить данная тРНК



Пример 3.

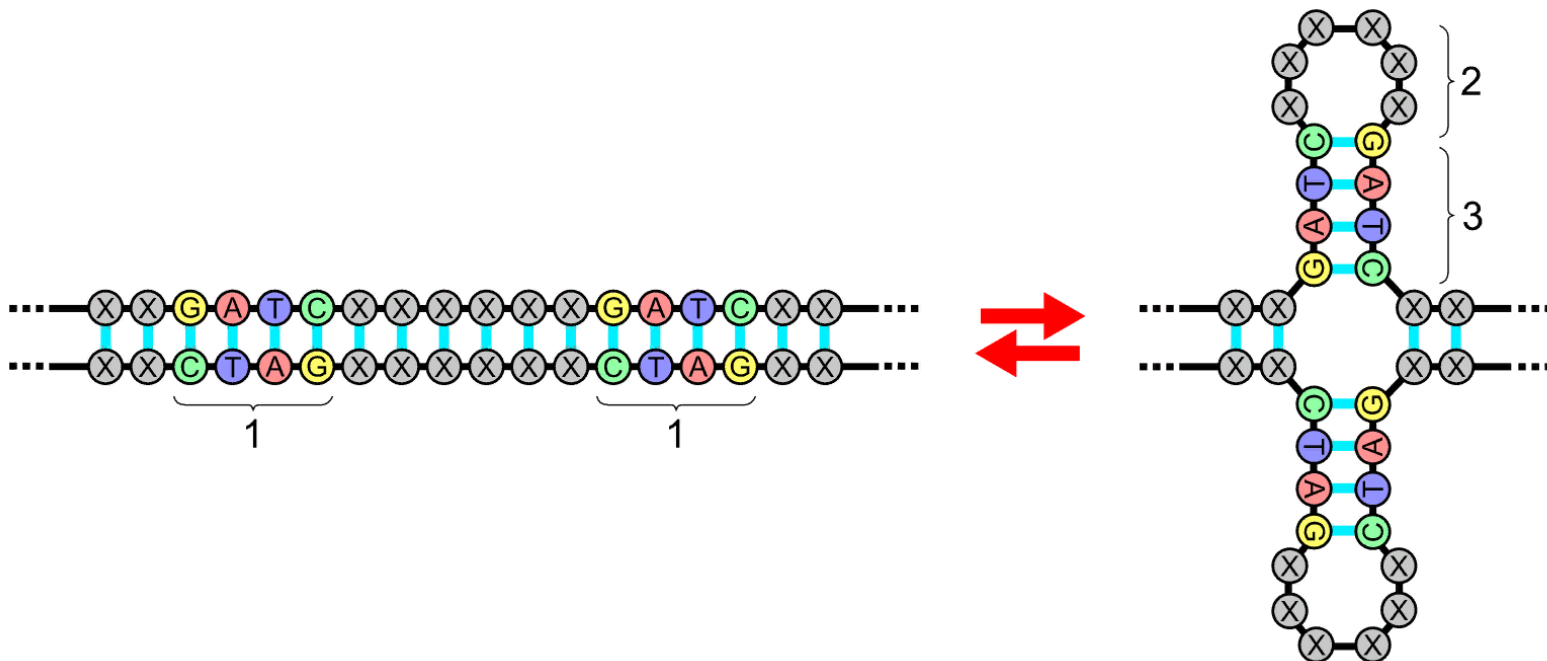
Известно, что все виды РНК синтезируются на ДНК-матрице. Комплементарные цепи нуклеиновых кислот антипараллельны (5'–концу водной цепи соответствует 3'–конец другой цепи). Синтез нуклеиновых кислот начинается с 5'–конца. Рибосома движется по и-РНК в направлении от 5'–к 3'–концу. В цепи РНК и ДНК могут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

5' – ТЦГААГТАГТТЦТТЦГА – 3'

3' – АГЦТТЦАТЦААГААГЦТ – 5'

Установите нуклеотидную последовательность участка т-РНК, который синтезируется на данном фрагменте. Найдите на данном участке палиндром и установите вторичную структуру центральной петли т-РНК. Определите аминокислоту, которую будет транспортировать эта т-РНК в процессе биосинтеза белка, если антикодон равноудалён от концов палиндрома. Объясните последовательность ваших действий при решении задачи. Для решения задачи используйте таблицу генетического кода. При написании последовательности нуклеотидов в цепи нуклеиновой кислоты указывайте 5'– и 3'–концы.

- **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.



Задача 4.Решение.

5' – ТЦГААГТАГТТЦТТЦГА – 3'
3' – АГЦТТЦАТЦААГААГЦТ – 5'

- 1) По транскрибируемой цепи ДНК по принципу комплементарности и с учётом антипараллельности определяем нуклеотидную последовательность участка центральной петли т-РНК:

5'–УЦГААГУАГУЦУУЦГА–3'

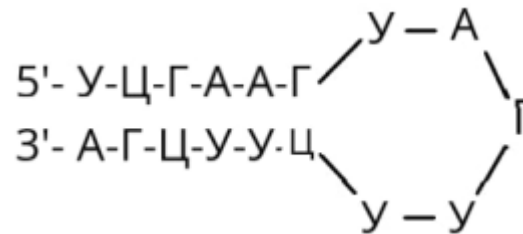
По условию антикодон равно удалён от концов центральной петли тРНК. Считаем количество нуклеотидов в этом фрагменте тРНК, (их 17). Находим нуклеотид в середине цепочки. Находим антикодон. Слева и справа от антикодона стоят нуклеотиды, они не комплементарны друг другу, следовательно, не входят в палиндром и образуют петлю.

- 2) Мысленно полученную цепочку складываем пополам (5'–конец складываем с 3'–концом).3. Находим комплементарные участки – это ПАЛИНДРОМ:

палиндром: 5' –УЦГААГ– 3' или 3' –АГЦУУЦ– 5';

Оставшиеся не комплементарные нуклеотиды образуют петлю. В центре петли находим антикодон.

- 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	Асн	Сер	У
	Иле	Тре	Асн	Сер	Ц
	Иле	Тре	Лиз	Арг	А
	Мет	Тре	Лиз	Арг	Г
Г	Вал	Ала	Асп	Гли	У
	Вал	Ала	Асп	Гли	Ц
	Вал	Ала	Глу	Гли	А
	Вал	Ала	Глу	Гли	Г

- 4) нуклеотидная последовательность антикодона т-РНК 5' –АГУ– 3', т.к. антикодон тРНК комплементарен и антипараллелен кодону иРНК, то получаем зеркальный вариант антикодона 3' - УГА - 5', что соответствует кодону и-РНК : 5' –АЦУ– 3';
- 5) по таблице генетического кода этому кодону и-РНК (АЦУ) соответствует аминокислота **тре** (треонин), которую будет переносить данная т-РНК.

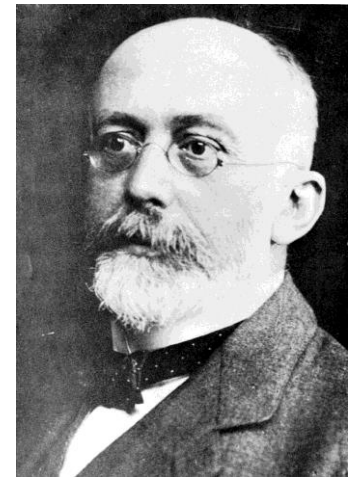
Задачи на закон Харди-Вайнберга

- 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 аутосомных 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:

$$\begin{aligned} AA + 2Aa + aa &= 1 \\ p^2 + 2pq + q^2 &= 1 \end{aligned}$$



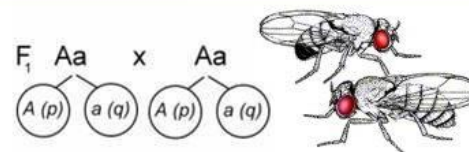
Годфри Харолд Харди
(1877-1947)
английский математик



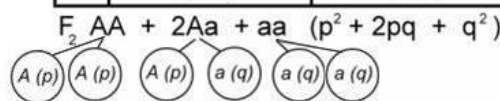
Вильгельм Вайнберг
(1862-1937)
немецкий врач

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.



	A (p)	a (q)
A (p)	<p>AA (p²)</p>	<p>Aa (pq)</p>
a (q)	<p>Aa (pq)</p>	<p>aa (q²)</p>



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 1.

- **Задание из демоверсии ЕГЭ 2024.** В популяции растений ночной красавицы (*Mirabilis jalapa*) из 150 особей 6 растений имеют *ярко-красную окраску* венчика. **Рассчитайте частоты аллелей красной и белой окраски в популяции, а также частоты всех возможных генотипов**, если известно, что популяция находится в равновесии Харди-Вайнберга. **Ответ поясните.**

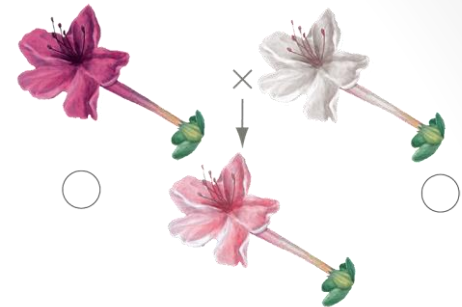


Схема решения задачи включает следующие элементы:

- 1) частота растений с ярко-красной окраской венчика (частота генотипа AA- p) составляет $6/150 = 0,04$;
- 2) красную окраску имеют растения с генотипом AA, в равновесной популяции доля таких растений составляет p^2 ;
- 3) частота аллеля $p(A)$ в популяции составляет 0,2
- 4) частота аллеля $q(a)$ в популяции составляет 0,8; $1 - p = 0,8$ ($1 - 0,2 = 0,8$);
- 5) частота генотипа Aa (розовая окраска) в равновесной популяции составляет $= 2pq = 0,32$ ($2 \times 0,2 \times 0,8 = 0,32$)
- 6) частота генотипа aa (белая окраска) в равновесной популяции $q^2 = 0,64$ (0,8)

Пример 2.

- **Пример задания.** В популяции гороха посевного (*Pisum sativum*) из 700 особей 112 растений имеют зелёную окраску семян. **Рассчитайте частоты аллелей жёлтой и зелёной окраски** семян, а также **частоты всех возможных генотипов**, если известно, что популяция находится в равновесии Харди-Вайнберга. **Определите процент особей с доминантным признаком. Ответ поясните.**



Схема решения задачи включает следующие элементы:

- 1) Зелёную окраску семян имеют растения с генотипом **aa**
- 2) Частота генотипа **aa** **q²** составляет: $112:700=0,16$
- 3) Частота аллели зелёной окраски **q** в популяции составляет **0,4** ($\sqrt{0,16}=0,4$)
- 4) Частота аллели жёлтой окраски в популяции составляет **p = 1 – 0,4 = 0,6**.
- 5) Частота генотипа **AA** (жёлтая окраска) в равновесной популяции равна **p² = 0,36**
- 6) Частота генотипа **Aa** (жёлтая окраска семян) в равновесной популяции равна **0,48** ($2pq$ (Aa) = $2 \times 0,6 \times 0,4$).
- 7) Особей с доминантным признаком **84% (0,36+0,48)**
- 8) Доминантный признак проявляется у гомозигот **AA** и гетерозигот **Aa** (**p² + 2pq**).

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.



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**. Если есть числа, указывающие на количество потомков, они должны быть подписаны под соответствующими генотипами и фенотипами.
- 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

- У фасоли признак красный венчик цветка – доминантный (А), белый венчик (а), опушённый стебель – доминантный признак (В), неопушённый стебель – рецессивный признак (b); наличие усиков – доминантный признак (С), отсутствие усиков – рецессивный признак (с).
- В первом скрещивании дигетерозиготное растение с красным венчиком и опушённым стеблем, одна из родительских форм которого была дигомозиготой доминантной, скрестили с растением, имеющим белый венчик цветка и неопушённый стебель. В потомстве получили 4 фенотипические группы в соотношении: 45, 45, 5, 5.
- В другом случае провели анализирующее скрещивание дигетерозиготного растения с красными цветками и усиками и получили: 40 растений с красными цветками и усиками, 40 растений с белыми цветками без усиков, 11 растений с красными цветками без усиков и 9 растений с белыми цветками и усиками. Запишите схемы скрещиваний, определите фенотипы и генотипы родительских форм и потомства в обоих скрещиваниях. Определите расстояние между генами А, В, С в морганидах и постройте по этим данным хромосомную карту расположения указанных генов.

Анализ задачи на построение хромосомы

- Доминантность-рецессивность всех признаков указана в условии, названы **три альтернативных** признака, но в каждое из скрещиваний – дигибридное.
- В обоих скрещиваниях в потомстве 4 фенотипа, но расщепление не 1:1:1:1, а есть две преобладающие группы, две – малочисленные. Следовательно, гены сцеплены и происходит кроссинговер: родительские признаки проявляются в фенотипически бошем количестве потомков, а в меньшем – рекомбинанты.
- По суммарному количеству перекомбинированных фенотипов узнаём % кроссинговера, который равен расстоянию между генами (1% кроссинговера - 1 морганида).
- По первому скрещиванию узнаём расстояние между генами А и В , по второму – между А и С.
- Чертим генетическую карту с указанием расстояния между генами.

Решение задачи на построение хромосомы

Дано: A-красная окраска венчика, a-белая окраска венчика
B-опушенный стебель, b-неопушенный стебель
C-наличие усиков, c-отсутствие усиков

1) 1-ое скрещивание:

P: AB//ав X ав//ав
Красные, опушенные X белые неопушенные
Гаметы: некрossoверные AB/, ав/
кроссоверные Av/, aB

F1: 45 (AB//ав)- красные опушенные
45 (ав//ав) - белые неопушенные
5 (Av//ав) –красные неопушенные
5 (aB//ав) –белые опушенные

2) 2-ое скрещивание:

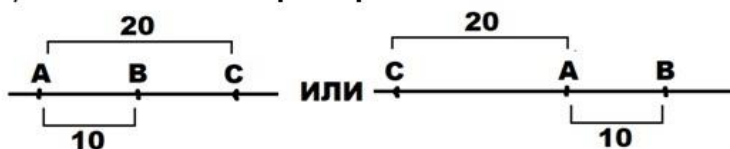
P: AC//ас X ас//ас
Красные с усиками X белые без усиков
Гаметы: некрossoверные AC/, ас/
кроссоверные Ac/, aC

F1:

40 (AC//ас)- красные с усиками
40 (ас//ас)- белые без усиков
11 (Ac//ас)- красные без усиков
9 (aC//ас) –белые с усиками

3) Расстояние между генами A и B – 10 морганид, между генами A и C – 20 морганид

4) генетическая карта хромосом:



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 ♀ $X^{Ah}X^{aH}$	x	♂ $X^{AH}Y$
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:	 $X^{Ah} X^{Ah}$	x	 $X^{Ah} Y$
	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 в половых хромосомах

- 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 нарушения в развитии скелета. Рецессивный аллель атрофии зрительного нерва наследуется сцепленно с полом. Женщина, имеющая нарушения в развитии скелета и страдающая атрофией зрительного нерва, родители которой имели нормально развитый скелет, вышла замуж за мужчину без этих заболеваний, мать которого страдала нарушениями в развитии скелета. Родившаяся в этом браке дочь без указанных заболеваний вышла замуж за мужчину, страдающего нарушениями развития скелета, но не имеющего атрофии зрительного нерва. 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.

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 нарушением скелета, но какой признак доминантный, какой рецессивный в условии не указано. Ищем информацию в преамбулы задачи, которая поможет нам ответить на этот вопрос.
- «Женщина, имеющая нарушения в развитии скелета и страдающая атрофией зрительного нерва, родители которой имели нормально развитый скелет». Если у потомства проявляется признак, которого не было у родителей, то этот признак – рецессивный (закон расщепления: гетерозиготы $P: Aa \times Aa$ дают расщепление по генотипу $F: 1AA: Aa: 1aa$).
- Следовательно, нарушение скелета, рецессивный признак, аллели этого гена находятся и в X- и в Y- хромосомах.
- О втором признаке есть полная информация в задаче: «рецессивный аллель атрофии зрительного нерва наследуется сцеплено с полом».

Задачи на псевдоаутосомные участки в половых хромосомах

- Записываем условие:
- X^A , Y^A – нормальное развитие скелета,
- X^a , Y^a – нарушение в развитии скелета
- X^B – отсутствие атрофии зрительного нерва
- X^b – атрофия зрительного нерва
- Женщина страдает двумя заболеваниями, следовательно, она – рецессивная гомозигота: $X^{ab} X^{ab}$
- Мужчина, не имеет заболеваний, но его мать страдала нарушениями в развитии скелета, т.е. имела генотип $X^a X^a$, следовательно, от матери мужчина получает X-хромосому с рецессивным аллелем X^a , так как он здоров, его 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!

Задачи на псевдоаутосомные участки в половых хромосомах

- Записываем схему первого скрещивания:
- P: ♀ $X^{ab} X^{ab}$ x ♂ $X^{aB} Y^A$
- У женщины – один тип гамет, у мужчины при образовании гамет **происходит кроссинговер** ! (по условию задачи)
- G X^{ab} X^{aB} , Y^A - норма, X^{AB} , Y^a - кроссоверы
- F₁ **Важно указывать пол!**
- $X^{ab} X^{aB}$ – ♀ - нарушение развития скелета, отсутствие атрофии
- $X^{ab} Y^A$ – ♂ - нормальный скелет, атрофия зрительного нерва
- $X^{AB} X^{ab}$ – ♀ - нормальный скелет, отсутствие атрофии
- $X^{ab} Y^a$ – ♂ - нарушение развития скелета, атрофия зрительного нерва
- Родившаяся в этом браке дочь без указанных заболеваний вышла замуж за мужчину, страдающего нарушениями развития скелета, но не имеющего атрофии зрительного нерва.

Решение задачи

- Рассмотрим второе скрещивание. Родившаяся в этом браке дочь без указанных заболеваний ...?
- ♀ $X^{AB} X^{ab}$
- Выходит замуж за мужчину, страдающего нарушениями развития скелета, но не имеющего атрофии зрительного нерва...?
- ♂ $X^{aB} Y^a$
- P: ♀ $X^{AB} X^{ab}$ ♂ $X^{aB} Y^a$
- Женщина дигетерозигота, не забываем о кроссинговере!
- G: X^{AB}, X^{ab} - норма , X^{aB}, Y^a
 $X^{aB} X^{Ab}$ - кроссоверы
- F_2
- $X^{AB} X^{aB}$ - ♀ - нормальный скелет, отсутствие атрофии
- $X^{AB} Y^a$ - ♂ - нормальный скелет, отсутствие атрофии
- $X^{ab} X^{aB}$ - ♀ - нарушение развития скелета, отсутствие атрофии
- $X^{ab} Y^a$ - ♂ - нарушение развития скелета, атрофия зрительного нерва
- $X^{aB} X^{aB}$ - ♀ - нарушение развития скелета, отсутствие атрофии
- $X^{aB} Y^a$ - ♂ - нарушение развития скелета, отсутствие атрофии
- $X^{Ab} X^{aB}$ - ♀ - нормальный скелет, отсутствие атрофии
- $X^{Ab} Y^a$ - ♂ - нормальный скелет, атрофия зрительного нерва
- Отвечаем на вопрос задачи: «Возможно ли рождение в первом браке ребёнка, страдающего двумя названными заболеваниями? Ответ поясните».
- В первом браке возможно рождение сына с нарушениями в развитии скелета и атрофией зрительного нерва ($X^{ab} Y^a$), в генотипе этого ребёнка находится материнская X^{ab} – хромосома с двумя рецессивными аллелями и отцовская Y^a – хромосома, образовавшаяся в результате кроссинговера.

Источники

- В.С. Рохлов, Р.А. Петросова. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ для учителей, подготовленные на основе анализа типичных ошибок участников ЕГЭ 2023 года по БИОЛОГИИ
- ЕГЭ 2024 Биология. Типовые экзаменационные варианты. 30 вариантов. под редакцией В. С. Рохлова.- М.: Национальное образование, 2023.
- <https://fipi.ru/materials>
- <https://bio-ege.sdamgia.ru/>



*Спасибо за
внимание!*