

## Клочкова Г.П., учитель биологии МБОУ «Зудиловская СОШ» Мастер-класс на тему: «Решение генетических задач»

Мастер-класс направлен на оказание практической помощи выпускникам школы в подготовке к ЕГЭ по биологии. В рамках мастер-класса будут рассмотрены задачи раздела «Молекулярная биология», «Генетика» из перечня заданий ЕГЭ по биологии 28, 29. Предлагается рассмотрение и анализ задач повышенного и высокого уровня сложности по вышеуказанному разделу.

Мероприятие позволит слушателям улучшить свои знания в данном разделе и разобраться в решении подобных задач на экзамене.

Из заданий линии 28 КИМ ЕГЭ по биологии 2023 года наиболее сложными для решения являются задачи на наличие двух старт-кодонов в и РНК; конец гена (открытая рамка считывания); неизвестную транскрибируемую цепь; палиндромные последовательности в нуклеиновых кислотах.

Из заданий линии 29 КИМ ЕГЭ по биологии 2023 года наиболее сложными для решения являются задачи на сцепленное наследование с кроссинговером, в случае сцепления доминантного и рецессивного генов (транс-позиции); комбинированные задачи, в которых по условию один ген сцеплен с X-хромосомой, а второй аутосомный, при этом в условии нет указания на доминантные и рецессивные признаки; на сцепление двух генов с X-хромосомой; задачи на летальность гомозигот; на псевдоаутосомные участки половых хромосом.

Все изменения в ЕГЭ по биологии 2023 надо учитывать в подготовке. Так, часто вместе с формулировкой задания меняются и критерии его оценивания и особенности решения. Если не знать об этом, то можно запросто потерять несколько баллов за ответ. А они могли бы быть решающими при поступлении в вуз.

Именно поэтому когда я готовлю своих учеников к ЕГЭ по биологии, я всегда разбираю с ними критерии оценивания и оформления заданий. Мы учимся и решать задачи правильно, но и записывать ответы так, чтобы их точно засчитали. А еще я помогаю своим ученикам быстро находить решение к типичным заданиям. Таких в ЕГЭ много, и достаточно просто уметь их распознавать — тогда останется больше времени на более сложную часть экзамена.

### 2. Практическая часть: **Алгоритм работы над биологическими задачами по цитологии (линии 28)**

Задание 28 проверяет умение применить знания по цитологии, связанные с процессами реализации наследственной информации и делением клетки, и представляет собой текстовую задачу, которая решается согласно основным генетико-цитологическим закономерностям с помощью простых арифметических вычислений либо основных правил комплементарности генетического кода.

#### **Задачи на биосинтез белка**

На биосинтез белка есть 5 основных вариантов задач:

1. Дан фрагмент двуцепочечной ДНК, нужно определить информативную часть гена и последовательность аминокислот в белке.

2. Дан фрагмент двуцепочечной ДНК и возможная мутация, нужно определить последовательность аминокислот в белке до и после мутации.

3. Дана вирусная РНК, нужно определить последовательность аминокислот в молекуле вирусного белка.

4. Дан участок ДНК, кодирующий участок центральной петли тРНК, нужно найти переносимую ей аминокислоту.

5. Даны молекулы тРНК, нужно найти ДНК, иРНК и аминокислотную последовательность.

Задача изменилась только на 2 элемента:

1) указание антипараллельности цепей ДНК и (5' и 3' концов молекулы)

2) направление прочтения кодонов и антикодонов РНК.

План выполнения задания:

1. Внимательно прочитайте задание.
2. Проанализируйте, какую молекулу необходимо найти в задании.
3. Определите, есть ли какие-то специальные условия в задаче.
4. Оформите решение задачи.

**Несколько полезных аспектов:**

- Нуклеотиды и РНК комплементарны нуклеотидам ДНК.
- Нуклеотиды иРНК пишут подряд, без запятых, поскольку имеется в виду одна молекула.
  - Антикодоны тРНК пишутся через запятую, так как каждый антикодон принадлежит отдельной молекуле тРНК.
  - Аминокислоты пишутся через дефис, поскольку имеется в виду что они уже соединились и образовали первичную структуру белка.
  - тРНК синтезируется на матрице ДНК по принципу комплементарности, без участия иРНК.

Решение задач.

Задача №1. Известно, что ген имеет кодирующую и не кодирующую белок части. Фрагмент начала гена имеет следующую последовательность нуклеотидов (верхняя цепь смысловая, нижняя транскрибируемая):

5'-ЦАГТАТГЦГТААГЦАТТАЦЦТА-3'

3'-ГТЦАТАЦЦЦАТТЦГТААТГГАТ-5'

Определите последовательность белка, кодируемую данным фрагментом, если первая аминокислота в полипептиде – мет.

Укажите последовательность иРНК, определите, с какого нуклеотида начнётся синтез белка.

Обоснуйте последовательность своих действий.

Для решения задания используйте таблицу генетического кода. При написании нуклеиновых кислот указывайте направление цепи.

**Ответ:** Схема решения задачи:

1. Поскольку нижняя цепь ДНК транскрибируемая, по принципу комплементарности определяем последовательность иРНК:

5'-ЦАГУАУГЦГУААГЦАУУАЦЦУА-3'.

2. Аминокислота мет кодируется триплетом АУГ, следовательно, синтез белка начинается с 5-го нуклеотида (с триплета АУГ).
3. По таблице генетического кода находим последовательность белка: мет-арг-лиз-гис-тир-лей.

**Комментарий:**

При построении иРНК необходимо учитывать два важных момента. Во-первых, в РНК вместо Т (тимин) должен стоять У (урацил). Во-вторых, транскрипция осуществляется в транскрибируемой цепи антипараллельно, то есть 3'-концу ДНК будет соответствовать 5'-конец иРНК.

При построении цепи белка необходимо также учитывать два момента. Во-первых, трансляция осуществляется с 5'-конца иРНК. Во-вторых, между аминокислотами необходимо ставить дефис, обозначающий пептидную связь.

**Палиндром** в молекулярной биологии – участки в ДНК или РНК, в которых **последовательность нуклеотидов** совпадает с комплементарной ему **последовательностью** другого участка на некотором отдалении «зеркально» при чтении от 5 –штрих конца к 3-штрих концу и наоборот. Например, 5\* а т т ц г т г ц а а ц г а а т. Красным и синим цветом обозначены **палиндромные** участки. Эта цепь ДНК примет форму вторичной структуры: а т т ц г т г.

*Задача.*

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):

5' -Ц-А-Г-Г-Г-А-А-Ц-Г-Т-Ц-Т-Ц-Ц-Ц-Т-Г- 3'

3' -Г-Т-Ц-Ц-Ц-Т-Т-Г-Ц-А-Г-А-Г-Г-Г-А-Ц- 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. Объясните последовательность решения задачи. Для решения используйте таблицу генетического кода. При написании нуклеиновых кислот указывайте направление цепи.

- 1) Нуклеотидная последовательность участка тРНК:

5'-ЦАГТГААЦГУЦУЦЦУГ-3'

- 2) Палиндром в последовательности: 5'-ЦАГТГА-3' (3'-ГУЦЦЦУ-5')

- 3) Вторичная структура тРНК:

- 4) Нуклеотидная последовательность антикодона в тРНК 5'-ЦГУ-3' (ЦГУ) соответствует кодону на иРНК 3'-ГЦА-5' (5'-АЦГ-3', АЦГ)
- 5) По таблице генетического кода этому кодону соответствует аминокислота тре (треонин), которую будет переносить данная тРНК

#### Алгоритм работы над биологическими задачами по генетике.

##### Как решать и оформлять генетическую задачу

1. Внимательно изучить условие задачи.
2. Определить тип задачи – для этого необходимо выяснить, сколько пар признаков рассматривается в задаче, сколько пар генов кодирует эти признаки, а также число классов фенотипов, присутствующих в потомстве от скрещивания гетерозигот или при анализирующем скрещивании, и количественное соотношение этих классов. Кроме того, необходимо учитывать, связано ли наследование признака с половыми хромосомами, а также сцепленно или независимо наследуется пара признаков.
3. Записать схему брака (скрещивания) – необходимо отметить фенотипы и генотипы особей, известных по условию задачи, а затем начать выполнение операций по выяснению неизвестных генотипов.
4. Выяснить генотипы особей, неизвестных по условию.
5. Конечным этапом решения является запись схемы скрещивания (брака) в соответствии с требованиями по оформлению, а также максимально подробное изложение всего хода рассуждений по решению задачи с логическим обоснованием каждого вывода.

##### При решении задач по генетике необходимо:

1. Определить виды скрещивания и взаимодействий аллельных и неаллельных генов (определить характер скрещивания).
2. Определить доминантный и рецессивный признак(-и) по условию задачи, рисунку, схеме или по результатам скрещивания  $F_1$  и  $F_2$ .
3. Ввести буквенные обозначения доминантного (заглавной буквой) и рецессивного (строчной буквой) признаков, если они не даны в условии задачи.
4. Записать фенотипы и генотипы родительских форм.
5. Записать фенотипы и генотипы потомков.
6. Составить схему скрещивания, обязательно указать гаметы, которые образуют родительские формы.
7. Записать ответ.

1. У мышей гены окраски шерсти и длины хвоста не сцеплены. Длинный хвост (В) развивается только у гомозигот, короткий хвост развивается у гетерозигот. Рecessивные гены, определяющие длину хвоста, в гомозиготном состоянии вызывают гибель эмбрионов.
- При скрещивании самок мышей с чёрной шерстью, коротким хвостом и самца с белой шерстью, длинным хвостом получено 50 % особей с чёрной шерстью и длинным хвостом, 50 % – с чёрной шерстью и коротким хвостом. Во втором случае

скрестили полученную самку с чёрной шерстью, коротким хвостом и самца с белой шерстью, коротким хвостом.

Составьте схему решения задачи.

Определите генотипы родителей, генотипы и фенотипы потомства в двух скрещиваниях, соотношение фенотипов во втором скрещивании. Объясните причину полученного фенотипического расщепления во втором скрещивании.

**Ответ:**

1. Первое скрещивание:

P: ♀ AABb × ♂ aaBB  
с чёрной шерстью, коротким хвостом с белой шерстью, длинным хвостом

G: ♀ AB, ♀ Ab ♂ aB

F<sub>1</sub>: AaBB – чёрная шерсть, длинный хвост; AaBb – чёрная шерсть, короткий хвост.

2. Второе скрещивание:

P: ♀ AaBb × ♂ aaBb  
с чёрной шерстью, коротким хвостом с белой шерстью, коротким хвостом

G: ♀ AB, ♀ Ab, ♀ aB, ♀ ab ♂ aB, ♂ ab

F<sub>2</sub>: 1AaBB – чёрная шерсть, длинный хвост;

2AaBb – чёрная шерсть, короткий хвост;

1aaBB – белая шерсть, длинный хвост;

2aaBb – белая шерсть, короткий хвост;

Aabb и aabb погибают на эмбриональной стадии.

3. Во втором скрещивании фенотипическое расщепление особей:

1: 2: 1: 2, так как особи с генотипом Aabb и aabb погибают на эмбриональной стадии.

3. Подведение итогов:

- просмотр и обсуждение выполненных работ;

**Решение задач на псевдоаутосомное наследование.**

**Псевдоаутосомные области-гомологичные** участки **половых хромосом** различного типа; у **млекопитающих** они, соответственно, находятся на **X-хромосоме** и **Y-хромосоме**. Все гены, расположенные в этих областях, есть у обоих полов и **наследуются** так же, как и любые **аутосомные** гены, отсюда и название областей. У **человека** половые хромосомы X

и Y имеют два гомологичных участка — две псевдоаутосомные области PAR1 и PAR2. PAR1 В мейозе при сперматогенезе у мужчин псевдоаутосомные области половых хромосом X и Y конъюгируют между собой. Это обеспечивает правильное расхождение половых хромосом в мейотических делениях, в результате чего каждый сперматозоид унаследует либо одну X-хромосому, либо одну Y-хромосому.<sup>[2]</sup>

На X и Y хромосомах существуют псевдоаутосомные участки, которые содержат аллели одного гена, между ними может происходить кроссинговер. Один из таких генов вызывает формирование пигментной ксеродермы (повышенная чувствительность кожи к ультрафиолетовому облучению). Женщина, имеющая пигментную ксеродерму и красно-зеленый дальтонизм, родители которой не имели пигментной ксеродермы, вышла замуж за мужчину без этих заболеваний, мать которого страдала пигментной ксеродермой. Родившаяся в этом браке дочь без указанных заболеваний, вышла замуж за мужчину, страдающего ксеродермой, но имеющего нормальное цветовое зрение. Определите генотипы родителей, генотипы, фенотипы и пол всех возможных потомков в двух поколениях. Возможно ли появление в первом браке ребенка, страдающего обоими заболеваниями? **Пояснение.**

Схема решения задачи включает:

1.

P<sub>1</sub>

$\text{♀} X^{ab} X^{ab}$	×	$\text{♂} X^{aB} Y^A$
ксеродерма, дальтонизм		отсутствие ксеродермы, нормальное цвет. зрение

G

$X^{ab}$	$X^{aB}, Y^A;$ $X^{AB}, Y^a$
----------	---------------------------------

F<sub>1</sub>

$\text{♀} X^{ab} X^{aB}$  — ксеродерма, нормальное цвет. зрение;

$\text{♂} X^{ab} Y^A$  — отсутствие ксеродермы, дальтонизм;

$\text{♀} X^{ab} X^{AB}$  — отсутствие ксеродермы, нормальное цвет. зрение;

$\text{♂} X^{ab} Y^a$  — ксеродерма, дальтонизм.

2.

P<sub>2</sub>

$\text{♀} X^{ab} X^{AB}$	×	$\text{♂} X^{aB} Y^a$
отсутствие ксеродермы, нормальное цвет. зрение		ксеродерма, нормальное цвет. зрение

G

$X^{ab}, X^{AB};$ $X^{aB}, X^{Ab}$	$X^{aB}, Y^a$
---------------------------------------	---------------

F<sub>2</sub>

♀:

X<sup>AB</sup>X<sup>aB</sup> — норм цвет зрение, нет ксеродермы;

X<sup>Ab</sup>X<sup>aB</sup> — норм цвет зрение, нет ксеродермы;

X<sup>AB</sup>X<sup>aB</sup> — норм цвет зрение, ксеродерма;

X<sup>ab</sup>X<sup>aB</sup> — норм цвет зрение, ксеродерма.

♂:

X<sup>ab</sup>Y<sup>a</sup> — дальтонизм, ксеродерма;

X<sup>AB</sup>Y<sup>a</sup> — норм цвет зрение, нет ксеродермы;

X<sup>Ab</sup>Y<sup>a</sup> — дальтонизм, нет ксеродермы;

X<sup>aB</sup>Y<sup>a</sup> — норм цвет зрение, ксеродерма.

3. В первом браке возможно рождение сына с ксеродермой и дальтонизмом (X<sup>ab</sup>Y<sup>a</sup>). В генотипе этого ребенка находится материнская X хромосома с двумя рецессивными аллелями и отцовская Y<sup>a</sup>, образовавшаяся в результате кроссинговера (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла). Первый и второй элементы ответы учитываются только при указании генотипов, фенотипов и пола всех потомков в двух поколениях.

Тип наследования признака, сцепленного с Y-хромосомой, называется **голандрическим типом наследования**. При этом наследовании гены, ответственные за развитие патологического признака, локализованы в Y-хромосоме.

В настоящее время в Y-хромосоме выявлена локализация генов детерминирующих развитие семенников, отвечающих за **сперматогенез**, контролирующих интенсивность роста, определяющих оволосение ушной раковины, средних фаланг кистей и др. Всего в Y-хромосоме картировано более 35 генов. *Голандрические признаки*, которые вызывают нарушение развития организма, передаются от отца ко всем его сыновьям, и только к сыновьям. Патологические мутации, обуславливающие нарушения формирования семенников или сперматогенеза, не наследуются в связи со стерильностью их носителей.

Примеры признаков: гипертрихоз ушных раковин, избыточный рост волос на средних фалангах пальцев кистей, азооспермия.

#### Задача

Перепопчатость пальцев ног у человека – признак, сцепленный с Y-хромосомой. Какова вероятность рождения детей с подобной аномалией в семье, где у отца имеется перепопчатость пальцев ног.

#### Решение:

a – ген перепопчатости пальцев ног;

XX – нет перепопчатости пальцев ног;

XY<sup>a</sup> – перепопчатость пальцев ног.

Схема скрещивания будет иметь вид:

P XX x XY<sup>a</sup>

G X X; Y<sup>a</sup>

F1 XX XY<sup>a</sup>

**Ответ:** девочки все 100% здоровы, так как им от отца перешла только X - хромосома. мальчики все 100% имеют перепопчатопальность, так как им от отца перешла Y - хромосома, если считать от общего количества детей, то 50% больны ( и все они мальчики).

• Заключение, На занятии были порешены и проанализированы задачи по генетике на реципрокное скрещивание, с голландрическим типом наследования и с псевдоаутосомным наследованием, такие задачи появились на ЕГЭ 2022. Из заданий линии 28 КИМ ЕГЭ по биологии 2023 года проанализированы наиболее сложными для решения задачи на наличие двух старт-кодонов в и РНК; конец гена (открытая рамка считывания); неизвестную транскрибируемую цепь; палиндромные последовательности в нуклеиновых кислотах.

самоанализ проведенного занятия; На занятии организовала работу с различными источниками информации: слайды презентации, сообщение и инст карточки.

Задания, связанные с работой с информацией, ориентированы как на репродуктивную, так и на продуктивную деятельность обучающихся.

Организация действий с информацией на занятии представлена следующими этапами:

1. исследование и фиксация информации (написание нового понятия и классификация признаков).

2. Анализ решения задач.

3. Интерпретирование и оценка информации.

Обучающиеся выполняют учебные действия по разработанному плану. Организована работа индивидуальная, групповая, проводилось консультирование слушателей. На занятии преобладает диалогический стиль общения. Виды деятельности постоянно изменялись, благодаря чему поддерживался положительный настрой и достаточно быстрый темп проведения занятия. Время было распределено рационально, что позволило пройти весь запланированный материал. Рефлексия проводилась на каждом этапе занятия путем возврата к задачам урока, а также по итогам изучения темы. Рефлексия деятельности помогла обучающимся осмыслить виды и способы работы, проанализировать свою активность и выявить пробелы в знаниях.