

Департамент образования и спорта Ненецкого автономного округа  
ГБУ НАО «Ненецкий региональный центр развития образования»

# **Мастер-класс**

## **«Алгоритм решения генетических задач»**

### **(Линия 28 ЕГЭ)**

Подготовила:

Е.В. Протопопова – преподаватель дисциплин естественного цикла  
ГБПОУ НАО «НМСГК имени И.П. Выучейского»,  
председатель ПК ЕГЭ по биологии

г. Нарьян-Мар, 2026

# Основные термины

**Ген** — участок ДНК, в котором закодирована информация о первичной структуре белка.

**Аллельные гены** — пара генов, находящихся в идентичных локусах гомологичных хромосом, определяют альтернативные признаки.

**Гомологичные хромосомы** — одинаковые по размерам и форме хромосомы.

**Генотип** — совокупность всех генов организма, генетическая характеристика отдельной особи.

**Геном** — вся генетическая информация гаплоидного набора хромосом, генетическая характеристика вида.

**Генофонд** — совокупность генотипов всех особей популяции, генетическая характеристика популяции.

**Фенотип** — совокупность всех признаков организма (внешних и внутренних), приобретённых в результате онтогенеза (индивидуального развития).

**Альтернативные признаки** — вариации одного гена:

— **доминантный** — подавляющий развитие другого (например, карие глаза — А)

— **рецессивный** — подавляется доминантным (например, голубые глаза — а)

**Гомозигота** — содержит одинаковые аллели гена (аа или АА).

**Гетерозигота** — содержит разные аллели гена (Аа).

**Чистые линии** — гомозиготные организмы (АА или аа).

## Символика

**P** — родители

**F** — потомство, число внизу или сразу после буквы указывает на порядковый номер поколения

**F<sub>1</sub>** — гибриды первого поколения — прямые потоки родителей

**F<sub>2</sub>** — гибриды второго поколения — возникают в результате скрещивания между собой гибридов **F<sub>1</sub>**

**X** — значок скрещивания

♀ — женская особь; ♂ — мужская особь

**G** — гаметы

**A** — доминантный ген

**a** — рецессивный ген

**AA** — гомозигота по доминантному гену

**aa** — гомозигота по рецессивному гену

**Aa** — гетерозигота

# Скрещивание

**Моногибридное скрещивание** — скрещивание организмов, отличающихся по одной паре альтернативных признаков.

P: Aa × Aa

**Дигибридное скрещивание** — скрещивание организмов, отличающихся по двум парам альтернативных признаков.

P: AaBb × AaBb

**Анализирующее скрещивание** — скрещивание организма с рецессивной гомозиготой.

P: AaBb × aabb

**Крисс-кросс наследование** позволяет определить сцепление гена с полом.

P: ♀ синий × ♂ красный

F<sub>1</sub>: ♀ красный × ♂ синий



# Генетические задачи

## Независимое наследование

- 1) первый признак наследуется по **полному / неполному доминированию**, второй – по **кодоминированию** ( $I^A$ ,  $I^B$ ,  $i^o$ );
- 2) первый признак наследуется по **полному / неполному доминированию**, второй – с **летальным эффектом**;
- 3) первый признак **аутосомный**, второй – сцеплен с **X-хромосомой**;
- 4) первый признак **аутосомный**, второй – **голандрический** (Y);
- 5) ген первого признака сцеплен с **X-хромосомой**, второй – **голандрический** (Y)

## Сцепленное наследование

- 1) сцепление в **аутосоме** и построение **генетической карты**;
- 2) сцепление в **X-хромосоме**;
- 3) первый признак определяется геном в **псевдоаутосомном участке** половых хромосом, второй – сцеплен с **X-хромосомой**;
- 4) первый признак определяется геном в **псевдоаутосомном участке** половых хромосом, второй – **голандрический** (Y)

## Взаимодействие неаллельных генов

**Кумулятивная полимерия**  
(расщепление по фенотипу в  $F_2$  **1:4:6:4:1**)



## Алгоритм выполнения

1. Внимательно прочитайте задачу.
2. Определите доминантные и рецессивные признаки..
3. Определите, в каких хромосомах расположены гены.
4. Используйте обозначения генов, приведённые в условии. (Рекомендация: не меняйте признаки местами).
5. Определите все возможные генотипы родителей.
6. Запишите на черновике схемы скрещивания, не забывая указать генотипы, фенотипы родителей и всех родившихся потомков.

## **Задача №1**

**У человека одна из форм сахарного диабета - аутосомно-рецессивное заболевание. Аллель гена гипертрихоза (оволосечение края ушной раковины) наследуется голандрически (наследование по гетерогаметному полу).**

**Здоровая женщина вышла замуж за здорового мужчину с гипертрихозом, в этом браке родились дочь с сахарным диабетом и здоровая дочь.**

**Родившаяся в этом браке гетерозиготная здоровая дочь вышла замуж за мужчину с сахарным диабетом и с гипертрихозом.**

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

***Возможно ли рождение во втором браке сыновей без названных патологий?  
Ответ поясните.***



## Решение:

1 P ♀ AaXX × ♂ AaXY<sup>b</sup>  
G AX, aX AX, aX, AY<sup>b</sup>, aY<sup>b</sup>

F<sub>1</sub>

Генотипы, фенотипы возможных дочерей:

AAXX — норма;

AaXX — норма;

AaXX — норма;

aaXX — сахарный диабет;

Генотипы, фенотипы возможных сыновей:

aaXY<sup>b</sup> — сахарный диабет, гипертрихоз;

AaXY<sup>b</sup> — норма, гипертрихоз;

AaXY<sup>b</sup> — норма, гипертрихоз;

AAXY<sup>b</sup> — норма, гипертрихоз;

2 P ♀ AaXX × ♂ aaXY<sup>b</sup>  
G AX, aX aX, aY<sup>b</sup>

F<sub>2</sub>

Генотипы, фенотипы возможных дочерей:

AaXX — норма;

aaXX — сахарный диабет;

Генотипы, фенотипы возможных сыновей:

AaXY<sup>b</sup> — норма, гипертрихоз;

aaXY<sup>b</sup> — сахарный диабет, гипертрихоз;

3

Рождение во втором браке сыновей без названных паталогий невозможно, так как гипертрихоз имеет голандрический тип наследования и передаётся в каждом поколении от отца к сыновьям.



# Генетические задачи: один ген – аутосомный, второй – сцеплен с X-хромосомой



В генотипе первым (слева) пишете аутосомный ген:

+ позволяет избежать путаницы в генотипах

Аутосомный ген слева	Аутосомный ген справа
$Aa X^B X^b$	$X^B X^b Aa$

## Генетические задачи в линии № 28

### Независимое наследование

- 1) первый признак наследуется по полному / неполному доминированию, второй – по кодоминированию ( $I^A, I^B, I^0$ );
- 2) первый признак наследуется по полному / неполному доминированию, второй – с летальным эффектом;
- 3) первый признак аутосомный, второй – сцеплен с X-хромосомой;
- 4) первый признак аутосомный, второй – гомозиготический (Y);
- 5) первый признак сцеплен с X-хромос., второй – гомозиготический (Y)

### Сцепленное наследование

- 1) сцепление в аутосоме и построение генетической карты;
- 2) сцепление в X-хромосоме;
- 3) первый признак определяется геном в псевдоаутосомном участке половых хромосом, второй – сцеплен с X-хромосомой;
- 4) первый признак определяется геном в псевдоаутосомном участке половых хромосом, второй – гомозиготический (Y)

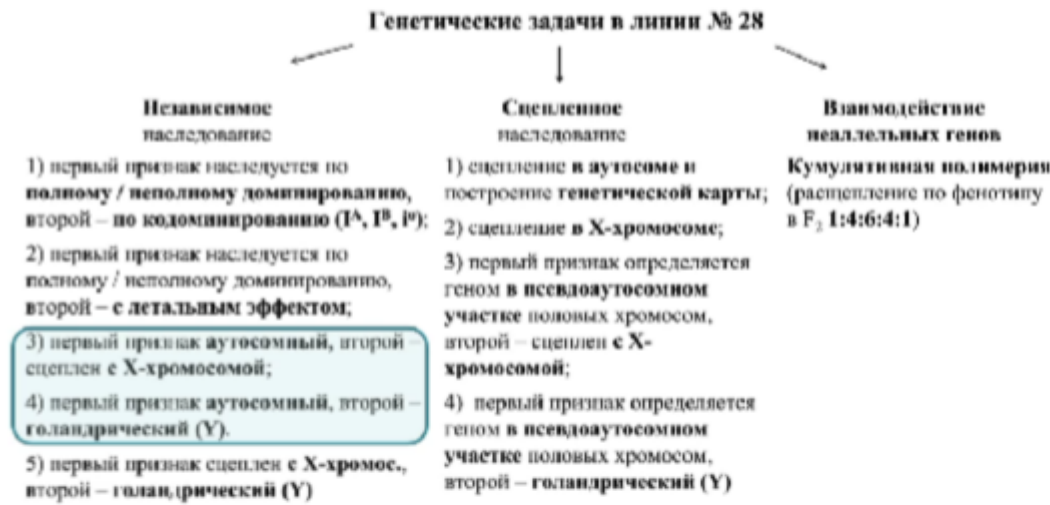
### Взаимодействие независимых генов

Кумулятивная полимерия (расщепление по фенотипу в  $F_2$  1:4:6:4:1)

# Генетические задачи: один ген – аутосомный, второй – сцеплен с X-хромосомой

✓ В генотипе первым (слева) пишите аутосомный ген:  
+ позволяет избежать путаницы в генотипах

Аутосомный ген слева	Аутосомный ген справа
$Aa X^B X^b$	<del><math>X^B X^b Aa</math></del>
Однозначное прочитывание генотипа	<b>! Можно подумать, что ген А также находится в X-хромосоме !</b>



# Генетические задачи: голандрическое наследование



Как правильно обозначать аллели генов голандрических признаков?



ГОЛАНДРИЧЕСКИЙ ПРИЗНАК	
проявляется	не проявляется
или $Y^B$ , или $Y^b$ , или $Y'$	$Y$

## Генетические задачи в линии № 28

### Независимое наследование

- 1) первый признак наследуется по полному / неполному доминированию, второй – по кодоминированию ( $I^A, I^B, I^0$ );
- 2) первый признак наследуется по полному / неполному доминированию, второй – с летальным эффектом;
- 3) первый признак аутосомный, второй – сцеплен с X-хромосомой;
- 4) первый признак аутосомный, второй – голандрический (Y);
- 5) первый признак сцеплен с X-хромосомой, второй – голандрический (Y)

### Сцепленное наследование

- 1) сцепление в аутосоме и построение генетической карты;
- 2) сцепление в X-хромосоме;
- 3) первый признак определяется геном в псевдоаутосомном участке половых хромосом, второй – сцеплен с X-хромосомой;
- 4) первый признак определяется геном в псевдоаутосомном участке половых хромосом, второй – голандрический (Y)

### Взаимодействие неаллельных генов

Кумулятивная полимерия (расщепление по фенотипу в  $F_2$  1:4:6:4:1)

## **Задача №2 – самостоятельная работа**

**У человека брахидактилия (укороченные пальцы) – аутосомно-доминантная патология. Аллель гена гипертрихоза (оволоснение края ушной раковины) наследуется голандрически (наследование по гетерогаметному полу). Женщина с брахидактилией вышла замуж за мужчину с брахидактилией и гипертрихозом, в этом браке родилась дочь без указанных патологий и дочь с брахидактилией. Родившаяся в этом браке гетерозиготная дочь вышла замуж за мужчину с нормальными пальцами и с гипертрихозом.**

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

***Возможно ли рождение во втором браке сыновей без названных патологий? Ответ поясните.***

**Решение:**

### **Задача №3**

**При скрещивании высокого растения томата со сложными соцветиями и карликового растения с простыми соцветиями всё потомство получилось высокое с простыми соцветиями.**

**В анализирующем скрещивании гибридного потомства получилось четыре разные фенотипические группы: 36, 44, 58, 62.**

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

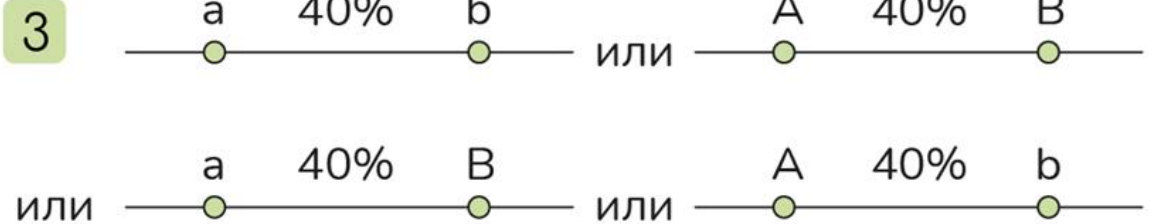
***Постройте генетическую карту для указанных выше генов, укажите на ней местоположение каждого гена и расстояние между ними (в % кроссинговера), определите тип наследования генов указанных признаков.***

# Решение:

1	P	AAbb	x	aaBB
	G	Ab		aB
	F <sub>1</sub>	AaBb — высокое растение, простые соцветия;		

## 2 анализирующее скрещивание

	P	AaBb	x	aabb
	G	AB, Ab, aB, ab		ab
	F <sub>2</sub>	AaBb — высокое растение, простые соцветия, 36 или 44; Aabb — высокое растение, сложные соцветия, 58 или 62; aaBb — карликовое растение, простые соцветия, 62 или 58; aabb — карликовое растение, сложные соцветия, 44 или 36;		



Тип наследования генов — сцепленное наследование.



## **Задача №4 – самостоятельная работа**

**При скрещивании растения томата с нормальными листьями, гладкими плодами и растения с пятнистыми листьями, опушёнными плодами всё потомство получилось с нормальными листьями, опушёнными плодами. В анализирующем скрещивании гибридного потомства получилось четыре разные фенотипические группы, две из которых составили по 13% от общего количества потомков.**

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

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

**Решение:**

## **Задача №5**

**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 атрофии зрительного нерва наследуется сцепленно с полом.**

**Женщина с нормальным развитием кисти и атрофией зрительного нерва вышла замуж за гетерозиготного мужчину с аномалией развития кисти и нормальным зрительным нервом. 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 ребенка, страдающего двумя названными заболеваниями? Ответ поясните.***

# Решение:

**1** P ♀  $X^{ab}X^{ab}$  × ♂  $X^{aB}Y^A$

нормальное развитие кисти, атрофия зрительного нерва      аномалия развития кисти, нормальный зрительный нерв

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

F<sub>1</sub> **Генотипы, фенотипы возможных дочерей:**

$X^{ab}X^{aB}$  — нормальное развитие кисти, нормальный зрительный нерв

$X^{ab}X^{AB}$  — аномалия развития кисти, нормальный зрительный нерв

**Генотипы, фенотипы возможных сыновей:**

$X^{ab}Y^A$  — аномалия развития кисти, атрофия зрительного нерва

$X^{ab}Y^a$  — нормальное развитие кисти, атрофия зрительного нерва

**3** Во втором браке возможно рождение сына с аномалией развития кисти и атрофией зрительного нерва ( $X^{Ab}Y^a$ ). В генотипе этого ребёнка находятся материнская  $X^{Ab}$ -хромосома, образовавшаяся в результате кроссинговера, и отцовская  $Y^a$ -хромосома.

**2** P ♀  $X^{ab}X^{AB}$  × ♂  $X^{aB}Y^a$

аномалия развития кисти, нормальный зрительный нерв      нормальное развитие кисти, нормальный зрительный нерв

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

F<sub>2</sub> **Генотипы, фенотипы возможных дочерей:**

$X^{ab}X^{aB}$  — нормальное развитие кисти, нормальный зрительный нерв

$X^{AB}X^{aB}$  — аномалия развития кисти, нормальный зрительный нерв

$X^{aB}X^{aB}$  — нормальное развитие кисти, нормальный зрительный нерв

$X^{Ab}X^{aB}$  — аномалия развития кисти, нормальный зрительный нерв

**Генотипы, фенотипы возможных сыновей:**

$X^{ab}Y^a$  — нормальное развитие кисти, атрофия зрительного нерва

$X^{AB}Y^a$  — аномалия развития кисти, нормальный зрительный нерв

$X^{aB}Y^a$  — нормальное развитие кисти, нормальный зрительный нерв

$X^{Ab}Y^a$  — аномалия развития кисти, атрофия зрительного нерва

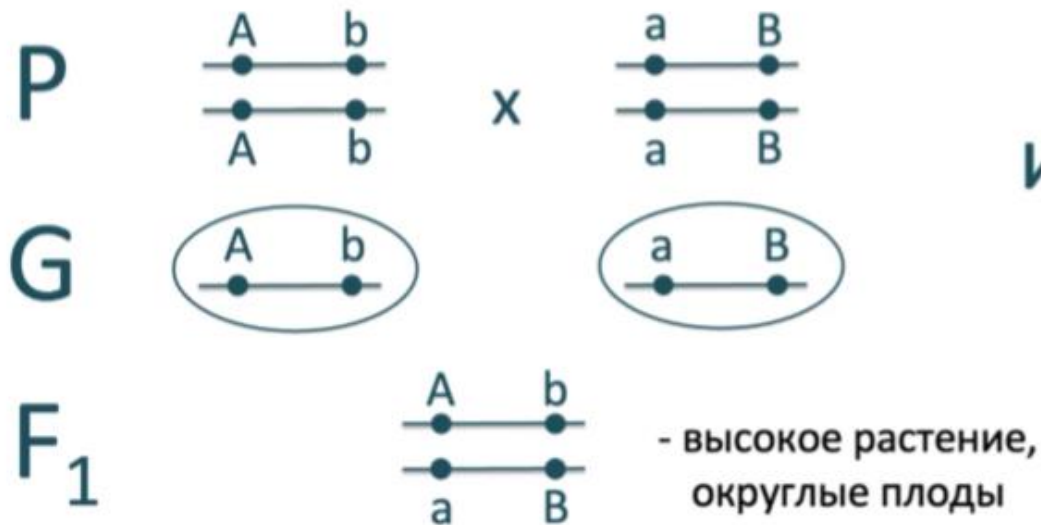
# Генетические задачи: сцепление генов (кроссинговер)

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.



**Рекомендуем составлять схему скрещиваний с использованием изображений хромосом в виде «палочек» (линий) и аллелей генов на них:**

+ позволяет однозначно продемонстрировать тип сцепления (*цис-* / *транс-*)



или



## **Задача №6 – самостоятельная работа**

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 аномалии в развитии кисти. Аллель гена образования перепонки между пальцами (перепончатые пальцы) наследуется голандрически (наследование по гетерогаметному полу).

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

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

*Определите генотипы родителей и генотипы, фенотипы, пол возможного потомства.*

*Возможно ли рождение в первом браке ребенка с нормальным развитием кисти и перепонками между пальцами? Ответ поясните.*

**Решение:**



# Генетические задачи: сцепление генов (кроссинговер)



Рекомендуем составлять схему скрещиваний с использованием изображений хромосом в виде «палочек» (линий) и аллелей генов на них

♀  $X^{AB}X^{ab}$

или

♀  $\begin{array}{cc} A & B \\ \hline a & b \end{array}$

♂  $X^{AB}Y$

♂  $\begin{array}{cc} A & B \\ \hline \hline \end{array}$

## **Задача №7**

**Пигментация кожи человека определяется четырьмя аллелями двух неаллельных генов по типу полимерии, при этом, чем больше доминантных аллелей в генотипе человека, тем темнее кожа.**

**В браке темнокожей женщины и светлокожего мужчины родился дигетерозиготный сын – мулат.**

**Этот сын женился на женщине, схожей с ним по генотипу и фенотипу признака пигментации кожи.**

**Какие дети по фенотипу и генотипу могут родиться во втором браке, если вероятность фенотипического расщепления в возможном потомстве составит 1:4:6:4:1.**

***Определите генотипы родительских особей, генотипы, фенотипы возможного потомства в двух браках.***

***Какова вероятность рождения во втором браке детей, фенотипически сходных с родителями? Укажите генотипы этих детей.***

## Решение:

1	P	♀ AABV (или A <sub>1</sub> A <sub>1</sub> A <sub>2</sub> A <sub>2</sub> )	×	♂ aabb (или a <sub>1</sub> a <sub>1</sub> a <sub>2</sub> a <sub>2</sub> )
	G	AB (или A <sub>1</sub> A <sub>2</sub> )		ab (или a <sub>1</sub> a <sub>2</sub> )
	F <sub>1</sub>	AaBb (или A <sub>1</sub> a <sub>1</sub> A <sub>2</sub> a <sub>2</sub> ) — мулат		
2	P	♀ AaBb	×	♂ AaBb
	G	AB, Ab, aB, ab		AB, Ab, aB, ab
	F <sub>2</sub>	1 AABV — темнокожий 4 (2AABb, 2AaBV) — темный мулат 6 (4AaBb, 1AAbb, 1aaBV) — мулат 4 (2Aabb, 2aaBb) — светлый мулат 1 aabb — светлокожий		

- 3 Вероятность рождения во втором браке детей, фенотипически сходных с родителями, равна 6/16 (3/8; 37,5%).

# Генетические задачи: полимерия

 Аллели полимерных генов принято обозначать одной буквой с разными индексами

Высота растения определяется четырьмя аллелями двух неаллельных генов по типу полимерии. Максимальная высота гомозиготного взрослого растения составляет 200мм. Минимальная высота гомозиготного по рецессивным аллелям взрослого растения составляет 160мм.

Скрещивали растения высотой 200мм с растением высотой 160мм, всё полученное гибридное потомство имело высоту 180мм. При самоопылении гибридов первого поколения получилось фенотипическое расщепление в количественном соотношении классов потомков 1:4:6:4:1.

Составьте схемы двух скрещиваний. Определите генотипы родительских особей, генотипы, фенотипы (высоту гибридов в мм) возможного потомства в двух скрещиваниях. Ответ поясните.

# Генетические задачи: полимерия



Аллели полимерных генов принято обозначать одной буквой с разными индексами

Полимерные гены	
ПРАВИЛЬНО	НЕ рекомендуется
$A_1A_1A_2A_2$	$AABV$
$A_1a_1A_2a_2$	$AaBb$
$a_1a_1a_2a_2$	$aabb$

## **Задача №8 – самостоятельная работа**

**Высота растения определяется четырьмя аллелями двух неаллельных несцепленных генов по типу полимерии. Максимальная высота взрослого растения составляет 215 мм. Минимальная высота гомозиготного по рецессивным аллелям взрослого растения составляет 175 мм.**

**Скрещивали растение высотой 215 мм с растением высотой 175 мм, всё полученное гибридное потомство было единообразным.**

**При самоопылении гибридов первого поколения получилось фенотипическое расщепление классов потомков в количественном соотношении 1:4:6:4:1.**

*Составьте схемы двух скрещиваний. Определите генотипы родительских особей и генотипы, фенотипы (высоту гибридов) возможного потомства в двух скрещиваниях.*

*Объясните изменение высоты растений у возможных потомков во втором скрещивании.*

**Решение:**



## Типичные ошибки

1. Неверно определено сцепление генов с хромосомами.
2. Неверно определены доминантные и рецессивные гены.
3. Не учтён кроссинговер у отца в первом скрещивании.
4. Не учтён кроссинговер у матери во втором скрещивании.
5. Неверно или неполно сделан вывод.
6. Отсутствуют обязательные элементы в схемах скрещивания (фенотипы, генотипы, гаметы, пол).

## Рекомендации

1. Нужно прописывать фенотип у дочерей, даже если ген наследуется голандрически (по гетерогаметному полу).
2. Не «сцеплен с полом», а «сцеплен с половой хромосомой».
3. Гаметы разделять запятой, либо на расстоянии друг от друга.
4. Если оба гена сцеплены с X – хромосомой, то правильно обозначаем генотип! (Не ставим XXXX)
5. Если смешанное наследование, то первым (слева) ставим тот ген, который аутосомный.
6. Аллели полимерных генов принято обозначать одной буквой, но с разными индексами.
7. При оформлении задачи важно соблюдать требования к оформлению, подписывать фенотипы, даже если это не требуется по условию.