

- В клетках тела (**соматических**) большинства организмов **ДИПЛОИДНЫЙ** набор хромосом ( $2n$ , по одному от каждого родителя),
- каждые две хромосомы (**ГОМОЛОГИЧНЫЕ**) одинаковые по размеру, форме, набору генов.
- Следовательно за развитие 1 признака у организма отвечают как минимум 2 гена – **АЛЛЕЛЬНЫХ** (в большинстве случаев)

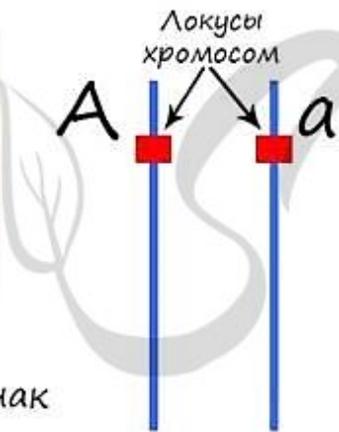
## Аллельные гены

гены, отвечающие за развитие одного и того же признака и находящиеся в одинаковых локусах гомологичных хромосом



Карие глаза – доминантный признак

Генотип человека с карими глазами:  
AA, Aa



Голубые глаза – рецессивный признак

Генотип человека с голубыми глазами:  
aa

Взаимоисключающие признаки (контрастные) называются **АЛЬТЕРНАТИВНЫМИ**.

## АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ Признаки человека

Доминантные **A**

Рецессивные **a**

- Курчавые волосы
- Карие глаза
- Нерыжие волосы
- Раннее облысение
- Веснушки
- Низкий голос у мужчин, высокий голос у женщин
- Близорукость

- Прямые волосы
- Голубые или серые глаза
- Рыжие волосы
- Норма
- Отсутствие веснушек
- Высокий голос у мужчин, низкий голос у женщин
- Норма

**AA** – гомозигота

**Aa** – гетерозигота

**aa** – гомозигота

Генотип может быть описан терминами:

- Гомозигота доминантная – AA,
- Гомозигота рецессивная – aa
- Гетерозигота – Aa

Понять, какой признак является подавляемым – **рецессивным**, а какой подавляющим – **доминантным**, можно путем скрещивания особей и изучения их потомства, или путем анализа родословных.

**ЛОКУС** (лат. locus – место) – место определенного гена в хромосоме.

**ГЕНОТИП** – совокупность и сочетание генов организма

**ФЕНОТИП** – совокупность признаков организма



Грегор Иоганн Мендель

1822–1884

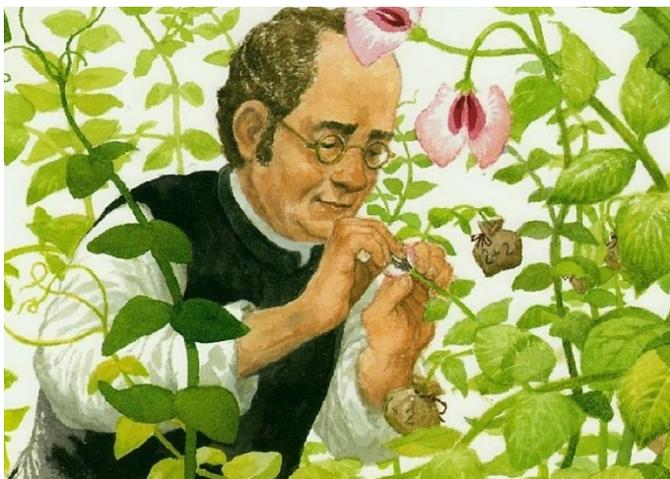
Австрийский ученый, основоположник генетики.

- Монах Августинского монастыря Святого Фомы в Брюнне (Чехия)
- Учился в Брюннском богословском институте.
- Место работы: Старобрненский монастырь

# Генетические опыты Менделя

1. Впервые обнаружил существование наследственных факторов, впоследствии названных генами.
2. Выявил и сформулировал важнейшие законы наследственности (изучил на практике и теоретически доказал принципы передачи признаков).
  - Закон единообразия гибридов первого поколения. (Правило доминирования)
  - Закон расщепления признаков
  - Закон независимого наследования признаков
  - Гипотеза чистоты гамет.

В 1900 г. Законы независимо друг от друга переоткрыли де Фриз (Голландия), Корренс (Германия), Чермак (Австрия).



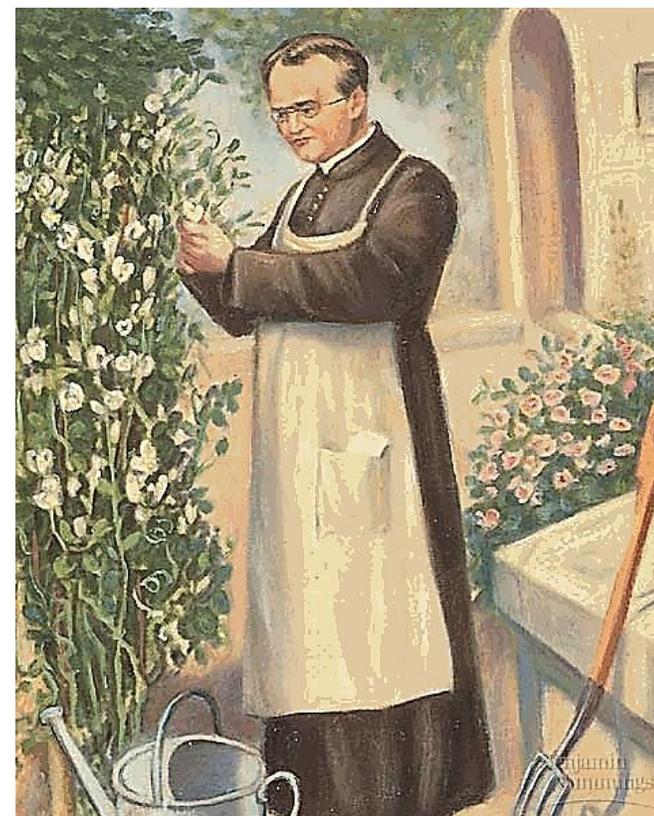
Метод исследования – **гибридологический**.  
Объект исследования – **горох посевной**. (много цветков, семян, самоопыляемый, быстро растет)  
Кол-во исследуемых объектов – **неск. тыс.** (около 20 сортов)  
Продолжительность исследования – **8 лет**.  
Статистическая обработка полученных данных.



### **ИССЛЕДУЕМЫЕ ПРИЗНАКИ.**

1. Цвет горошин: зеленый, желтый.
2. Поверхность горошин: гладкая, морщинистая.
3. Цвет бобов: зеленый, желтый.
4. Поверхность бобов: гладкие, с перетяжками.
5. Окраска цветков: белая, пурпурная.
6. Высота растений: низкие, высокие.
7. Расположение цветков: верхушечные, пазушные.

**Альтернативные** – взаимоисключающие признаки. (желтый или зеленый, высокий или низкий...)



**Гибридизация** – скрещивание особей, отличающихся по одному или нескольким признакам. (альтернативным признакам)

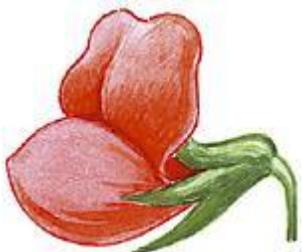
**Гибрид** – потомок, полученный в результате гибридизации.

# КОНТРАСТНЫЕ (АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ) ПРИЗНАКИ ГОРОХА, ИЗЛУЧАВШИЕСЯ Г. МЕНДЕЛЕМ

Признак

Формы проявления признака

Окраска цветков



красные цветки



белые цветки

Поверхность  
семян



гладкие семена



морщинистые  
семена

Окраска семян



желтые семена



зеленые семена

- Учитывал при скрещивании не всю совокупность признаков, а отдельные альтернативные признаки (желтый – зеленый цвет семян)
- Вел количественный учет потомков в ряду поколений, анализировал потомство каждой особи
- При размножении использовал **ЧИСТЫЕ ЛИНИИ** – группы растений, которые генетически однородны (гомозиготы AA, aa) и потомки которых не имеют разнообразия по изучаемому признаку.

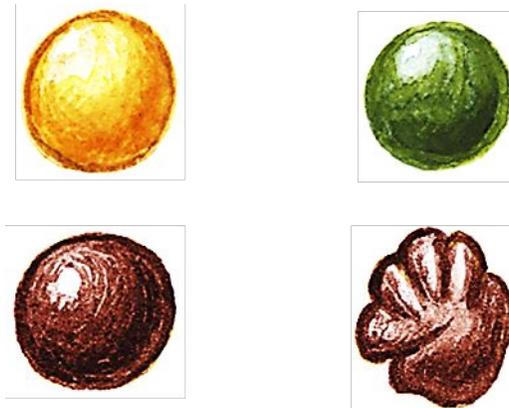
# ВИДЫ СКРЕЩИВАНИЯ

МОНОГИБРИДНОЕ  
исследовал 1 признак  
(цвет горошин)

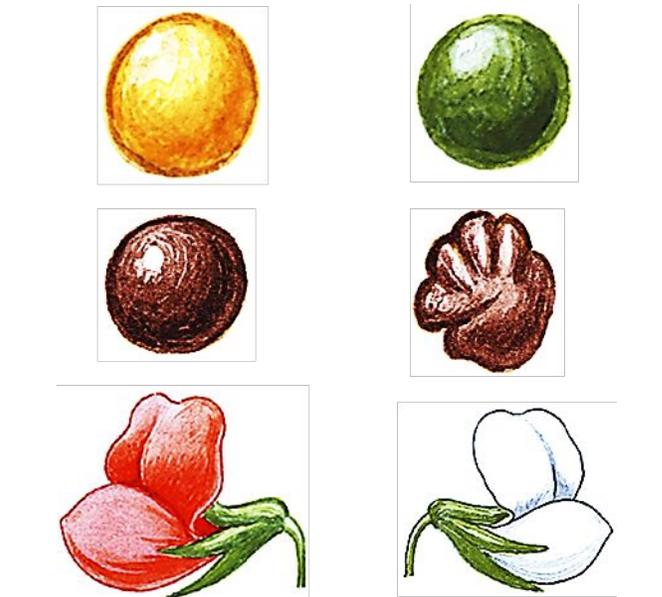


ПОЛИГИБРИДНОЕ

ДИГИБРИДНОЕ  
2 признака  
(цвет и поверхность горошин)



ТРИГИБРИДНОЕ  
3 признака  
(цвет, поверхность горошин,  
цвет семян)



# Буквенная символика

A – доминантный ген

a – рецессивный ген

P – родители

X – знак скрещивания

G – гаметы

F1 – потомки первого поколения

F2 – потомки второго поколения

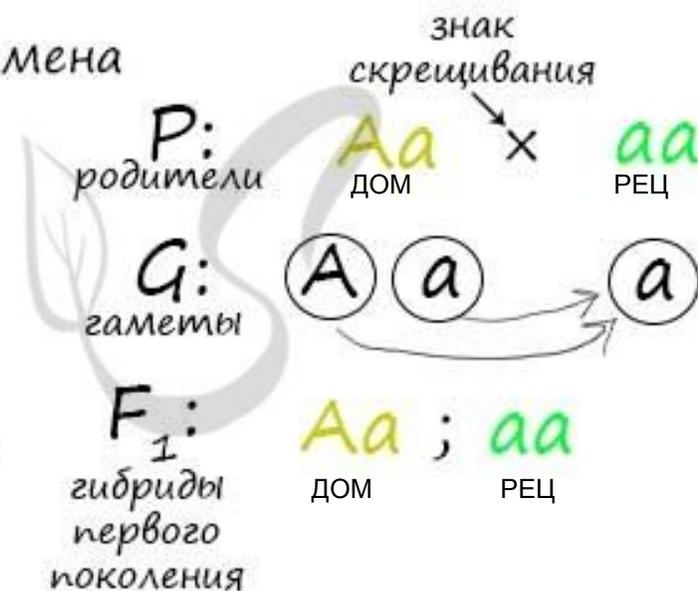
♀ – женский организм

♂ – мужской организм

Ген	Признак
A	Желтые семена
a	Зеленые семена

Очевидно, что мы будем проводить моногибридное скрещивание (так как исследуем 1 признак – цвет семян)

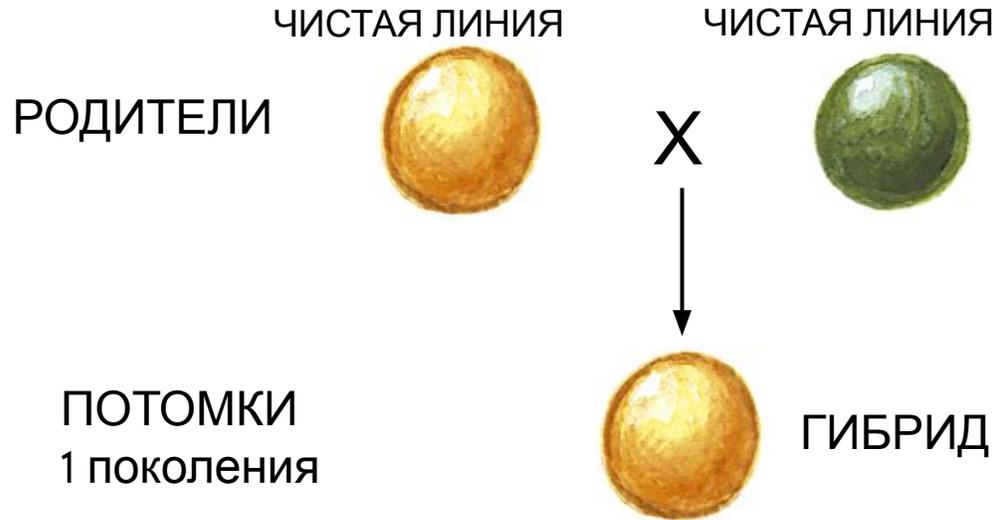
## Схема задачи



Символы мужского и женского пола прописываются в схеме только в случае необходимости, например если в условии задачи конкретно прописаны фенотипы или генотипы родителей или потомков.

Множественно скрещивая между собой растения с желтыми и зелеными семенами в потомстве все время получал **ЖЕЛТЫЕ**.

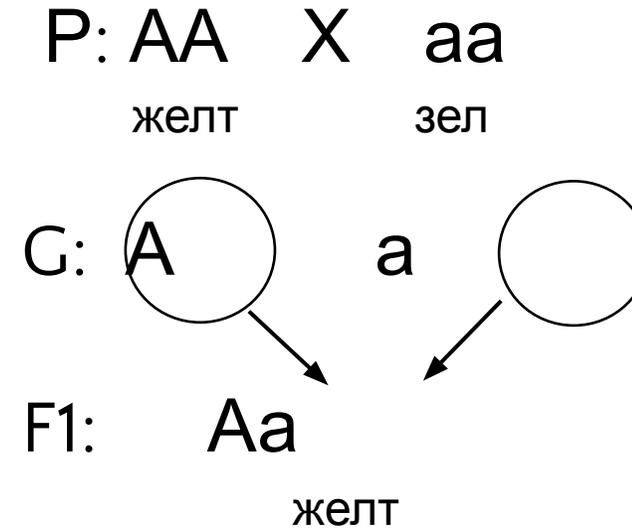
## ОПЫТ №1



**ЗАКОН ЧИСТОТЫ ГАМЕТ** — в каждую гамету попадает только один аллель из пары аллелей данного гена родительской особи.

Как объяснить подобные результаты?

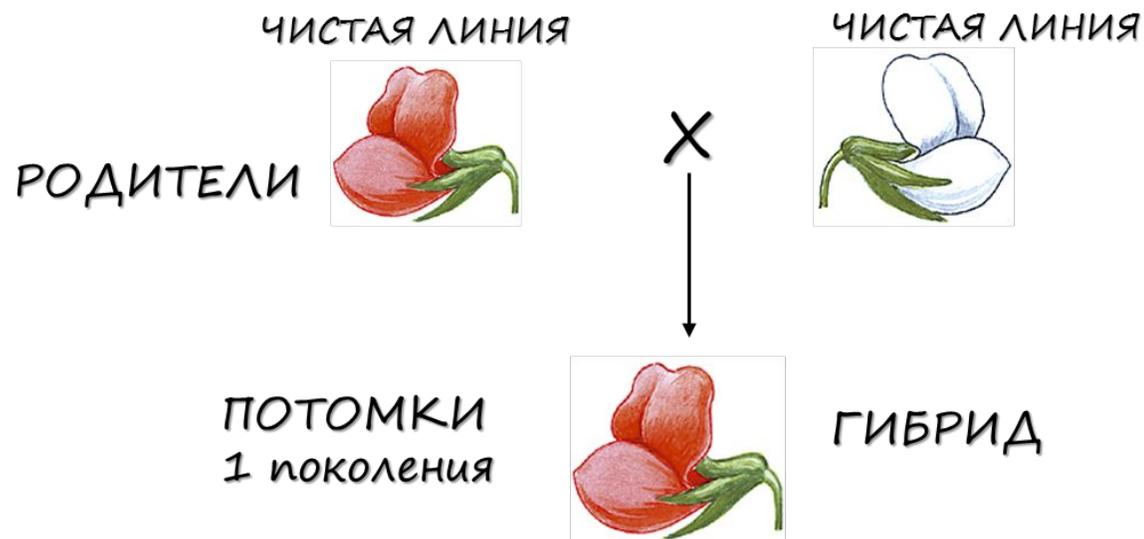
## СХЕМА СКРЕЩИВАНИЯ



### ОБРАТИТЕ ВНИМАНИЕ!

- Под генотипами родителей и потомков всегда пишутся фенотипы!
- В строке G прописываются возможные варианты гамет.
- Гаметы удобно записывать в кружочек.

Многократно скрещивая между собой растения с пурпурными и белыми цветками в потомстве все время получал **ПУРПУРНЫЕ**.



Все гибриды первого поколения оказались –  
?

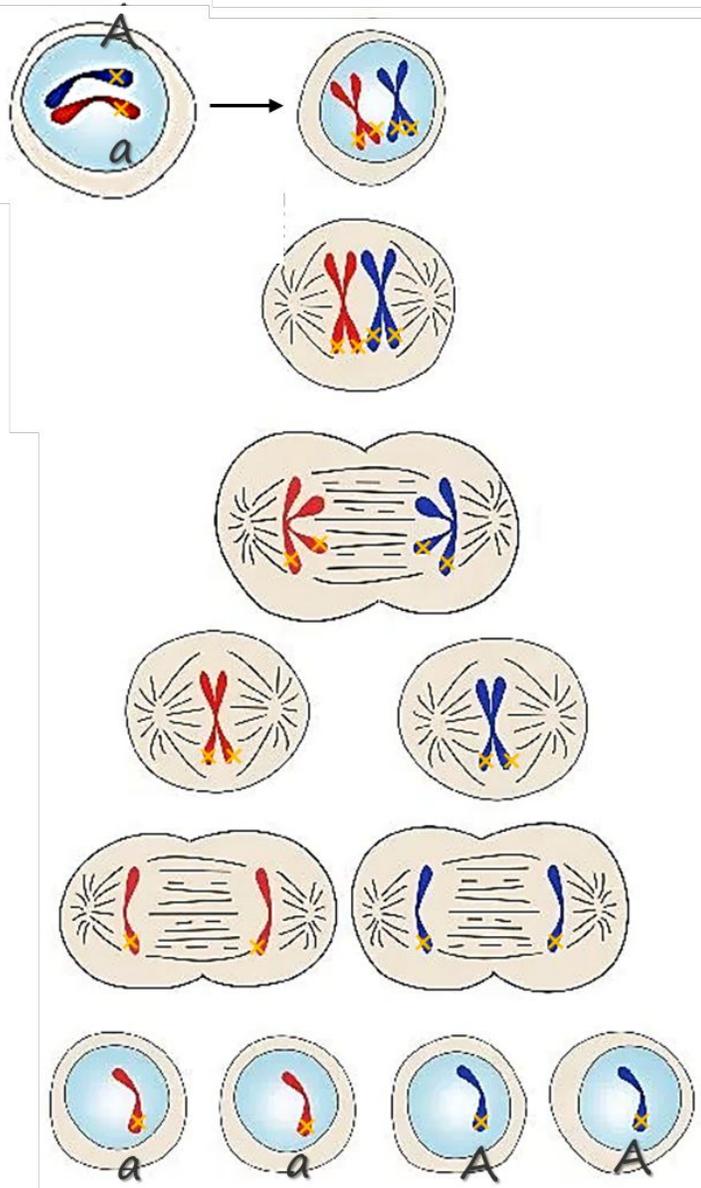
К какому выводу пришел Мендель?

Как Мендель назвал признак, проявившийся в первом поколении?

На основании схожих результатов при аналогичных скрещиваниях Мендель сформулировал свой **1 ЗАКОН** –

**ЗАКОН ЕДИНООБРАЗИЯ ГИБРИДОВ 1 ПОКОЛЕНИЯ**  
(Правило доминирования)

При скрещивании родителей **чистых** линий (гомозиготных организмов), **различающихся** по альтернативным признакам, все гибриды первого поколения будут **единообразными** (по фенотипу и генотипу) и у них проявится признак только одного родителя (**доминантный**).



- В одних гаметах ген А, в других – а
- Приблизительно 50% на 50%
- Данный организм дает гаметы двух типов – А и а.

### Вспомним!

Мендель **не знал** о существовании генов!  
 Он обнаружил существование **наследственных факторов**.  
 Впоследствии было определено, что это гены.

- Мендель выдвинул **ГИПОТЕЗУ ЧИСТОТЫ ГАМЕТ**.
- Он предположил, что при образовании гибридов наследственные факторы не смешиваются, а сохраняются в неизменном виде.
- Связь между поколениями при половом размножении осуществляется через половые клетки – гаметы.
- Следовательно, необходимо допустить, что каждая гамета несет только один фактор из пары.

Впоследствии учеными были выявлены **цитологические основы гипотезы и установлен закон**.

**ЗАКОН ЧИСТОТЫ ГАМЕТ** – в каждую гамету попадает только один аллель из пары аллелей данного гена родительской особи.  
 (В норме гамета всегда чиста от второго гена аллельной пары)

### ОБЪЯСНЕНИЕ

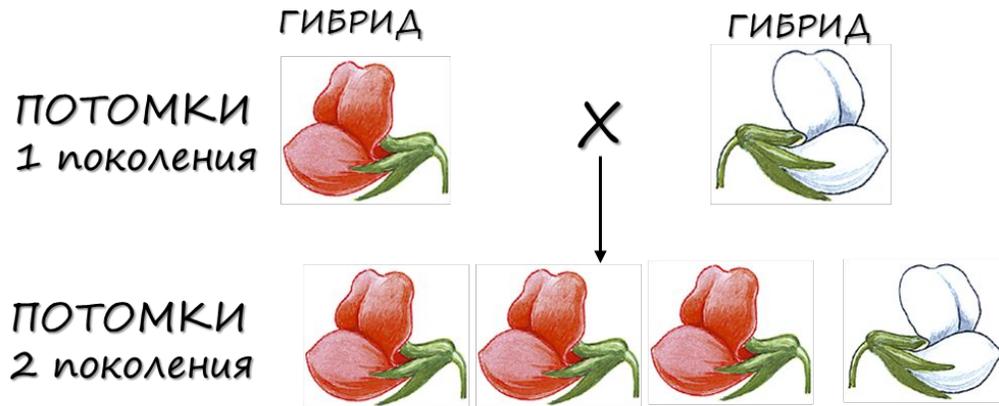
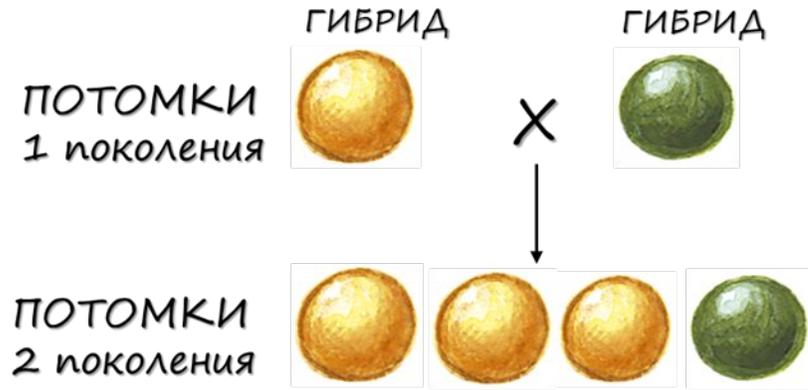
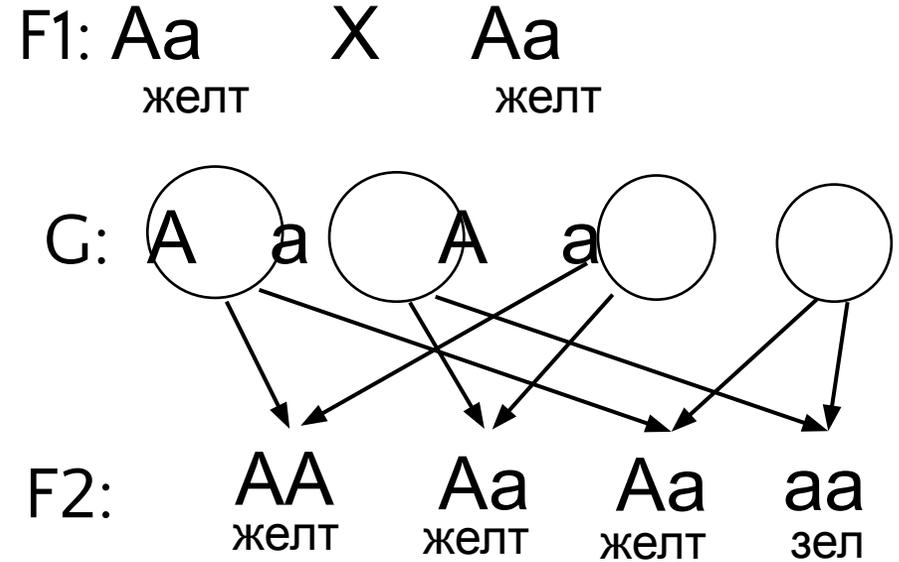
- Гаметы животных образуются в результате мейоза.
- В результате из одной диплоидной клетки образуются 4 гаплоидных.
- То есть гомологичные (парные) хромосомы с аллельными генами расходятся в разные гаметы.

Продолжая исследования Мендель скрестил между собой гибридов 1 поколения. В результате в потомстве получил 3 части особей с доминантным признаком и 1 часть с рецессивным.

## ОПЫТ №2

Как объяснить подобные результаты?

### СХЕМА СКРЕЩИВАНИЯ



На основании полученных результатов Мендель сформулировал **2 ЗАКОН** – **ЗАКОН РАСЩЕПЛЕНИЯ ПРИЗНАКОВ**

При скрещивании гибридов 1 поколения (гетерозиготных организмов) между собой у гибридов второго поколения проявляется расщепление по фенотипу: 3:1 (дом : рец), по генотипу: 1:2:1 (AA : 2Aa : aa)

## Задача №1

## РЕШАЕМ ЗАДАЧУ

У кроликов серая окраска шерсти доминирует над белой. Какого цвета и в каком соотношении можно ожидать потомков от чистых линий серой крольчихи и белого кролика?



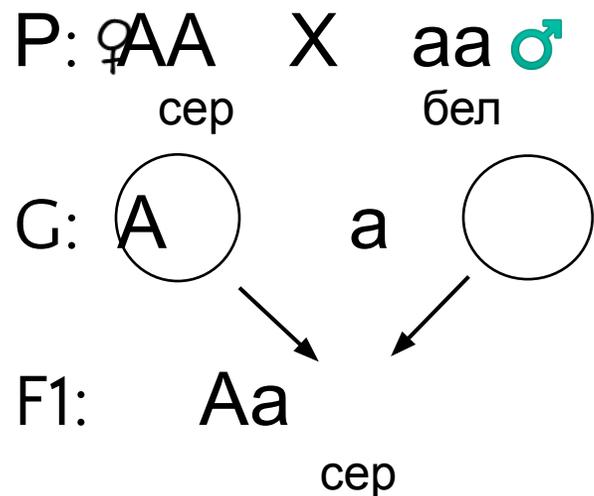
ДАНО:

$A$  – серый

$a$  – белый

$F_1$  – ?

СХЕМА СКРЕЩИВАНИЯ



ИЛИ

Ответ: по закону **ЕДИНООБРАЗИЯ ГИБРИДОВ 1 ПОКОЛЕНИЯ**

$F_1$  – 100% серые,  $Aa$  – гетерозиготы

Ответ:  $F_1$  – 100% серые,  $Aa$  – гетерозиготы

## Задача №2

## РЕШАЕМ ЗАДАЧУ

У кроликов серая окраска шерсти доминирует над белой. Какого цвета и в каком соотношении можно ожидать потомков от гибридов серой крольчихи и белого кролика?



ДАНО:

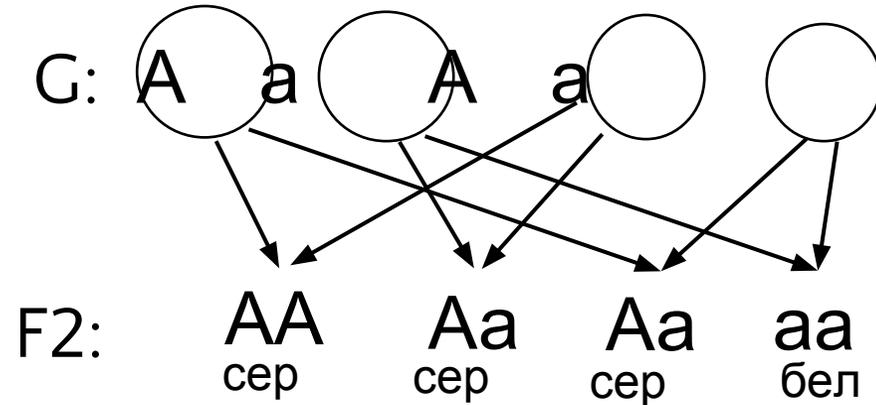
A – серый

a – белый

F2 – ?

СХЕМА СКРЕЩИВАНИЯ

F1: Aa X Aa  
сер сер



ИЛИ

Ответ: по закону РАСЩЕПЛЕНИЯ ПРИЗНАКОВ

F2 – 3 серых : 1 белых

75% серых, 25% белых

1AA : 2Aa : 1aa

Ответ: F2 – 3 серых : 1 белых

75% серых, 25% белых

1AA : 2Aa : 1aa

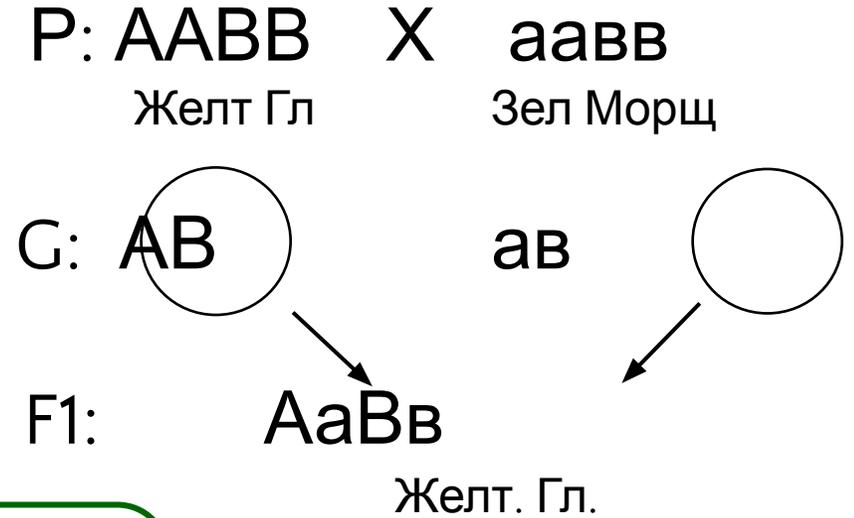
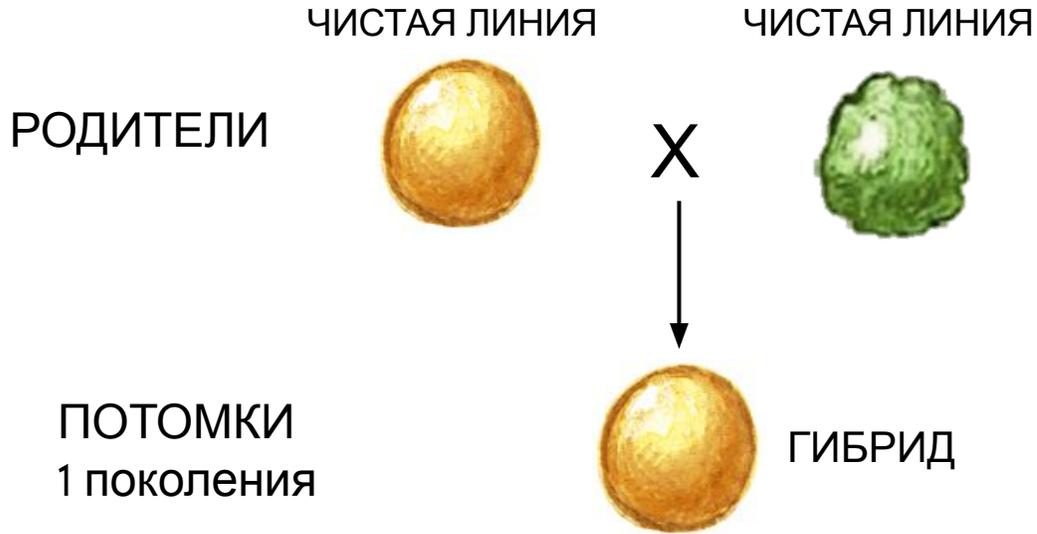
Мендель провел дигибридное скрещивание чистых линий: растений с желтыми гладкими горошками и зелеными морщинистыми.

В результате все гибриды были желтыми гладкими.

## ОПЫТ №3

Как объяснить подобные результаты?

### СХЕМА СКРЕЩИВАНИЯ



### ОБРАТИТЕ ВНИМАНИЕ!

- В данном случае работает закон единообразия гибридов 1 поколения.
- Желтый цвет и гладкая поверхность горошин – доминантные признаки.
- Зеленый и морщинистый – рецессивные.

Разные признаки обозначаются разными буквами!  
A, a – цвет  
B, b – поверхность

По закону Чистоты гамет в гамету попадает один из пары аллельных генов!!

Далее Мендель скрестил между собой полученные гибриды.

ГИБРИДЫ 1  
ПОКОЛЕНИЯ



ПОТОМКИ 2  
ПОКОЛЕНИЯ



9/16

V



3/16

V



3/16



1/16

Мендель пришел к выводу, что разные признаки могут комбинироваться независимо друг от друга.

3 закон Менделя,

ЗАКОН НЕЗАВИСИМОГО НАСЛЕДОВАНИЯ ПРИЗНАКОВ

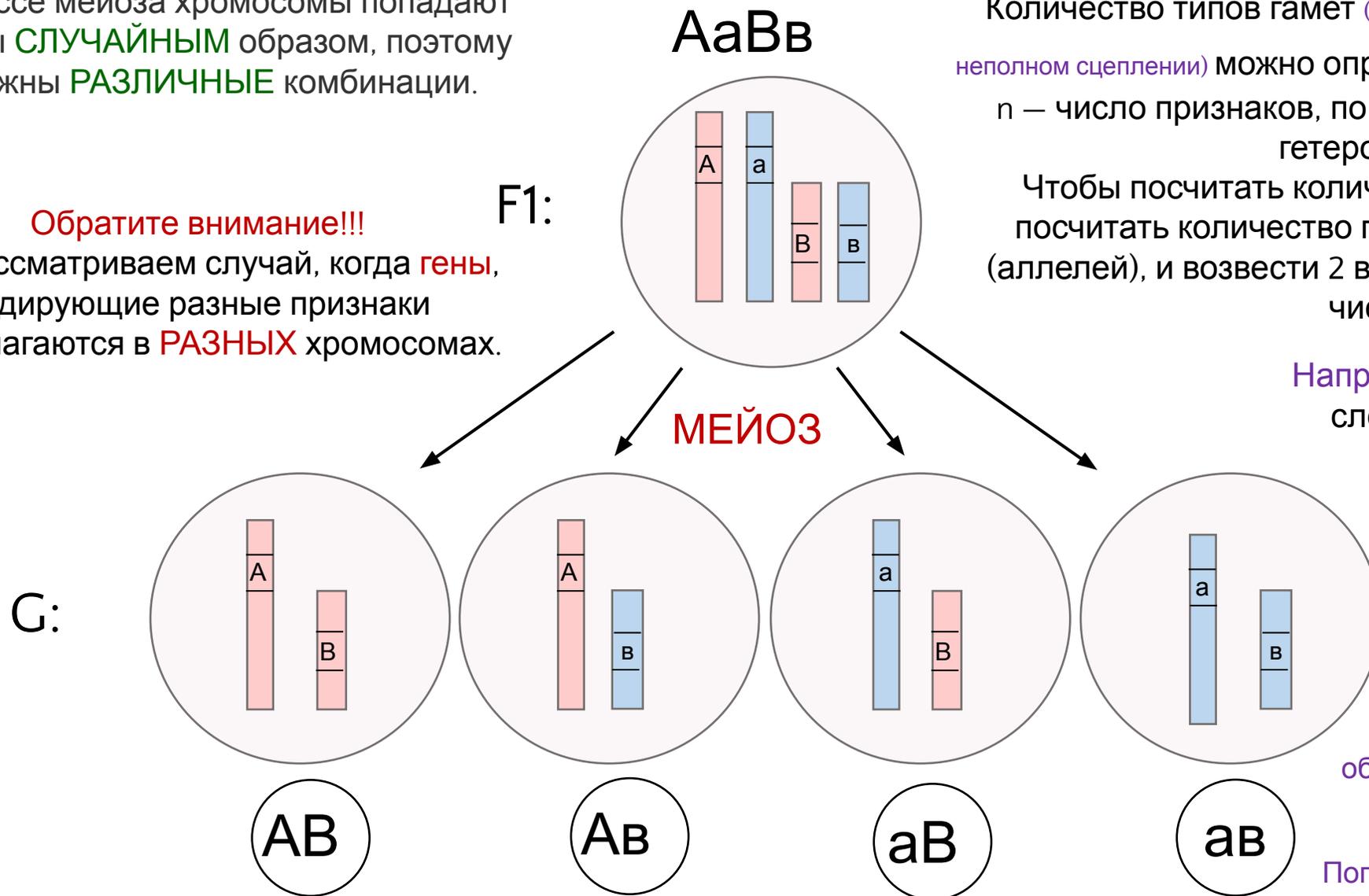
При скрещивании двух особей, отличающихся друг от друга по двум (и более) парам альтернативных признаков, гены и соответствующие им признаки наследуются независимо друг от друга и комбинируются во всех возможных сочетаниях.

В результате в потомстве появились не только признаки исходных предков, но и новые комбинации: **зеленые гладкие** и **желтые морщинистые**.

**ЗАКОН ЧИСТОТЫ ГАМЕТ** — в каждую гамету попадает только один аллель из пары аллелей данного гена родительской особи.

В процессе мейоза хромосомы попадают в гаметы **СЛУЧАЙНЫМ** образом, поэтому возможны **РАЗЛИЧНЫЕ** комбинации.

**Обратите внимание!!!**  
Мы рассматриваем случай, когда **гены**, кодирующие разные признаки располагаются в **РАЗНЫХ** хромосомах.



Количество типов гамет (при **независимом наследовании** или **неполном сцеплении**) можно определить по формуле:  $2^n$ , где  $n$  — число признаков, по которым данный организм гетерозиготен.

Чтобы посчитать количество гамет необходимо посчитать количество гетерозиготных признаков (аллелей), и возвести 2 в степень, определяемую их числом.

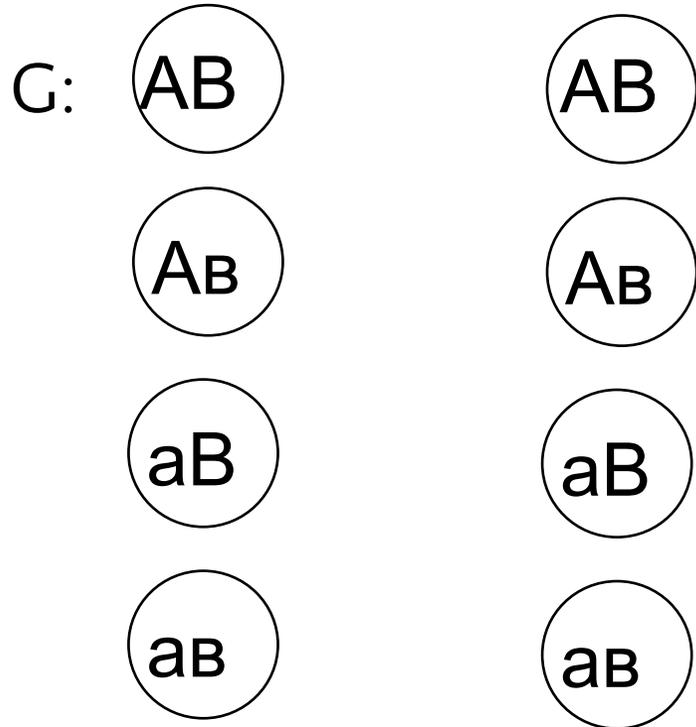
**Например:** AaBbCc — 3 признака, следовательно число типов гамет:  $2^3 = 8$

А сколько гамет могло бы образоваться, если бы гены разных признаков находились в одной хромосоме?....  
Попробуйте нарисовать схему и найти ответ на данный вопрос.

Как объяснить подобные результаты?

### СХЕМА СКРЕЩИВАНИЯ

P: AaBb X AaBb  
Желт Гл Желт Гл



В данном случае у родителей образуется по 4 типа гамет, что затрудняет определение результатов в случае подбора пар. Поэтому удобно использовать РЕШЕТКУ ПЕННЕТА.

### Решетка Пеннета

	AB	Ab	aB	ab
AB	AABb	AABb	AaBb	AaBb
Ab	AABb	AAbb	AaBb	Aabb
aB	AaBb	AaBb	aaBb	aaBb
ab	AaBb	Aabb	aaBb	aabb

F<sub>2</sub>

РЕЗУЛЬТАТ  
Из 16 возможных вариантов фенотипов в данном случае наблюдается соотношение:  
9 – ЖГ (ДД)  
3 – ЖМ (ДР)  
3 – ЗГ (РД)  
1 – ЗМ (РР)

#### Запомните!

При скрещивании ДИГТЕРОЗИГОТ в потомстве наблюдается расщепление признаков в соотношении 9:3:3:1

- В решетке Пеннета в верхней строке прописываются гаметы одного из родителей, а в левом столбце – другого.
- На месте их пересечения записываются генотипы и фенотипы потомков.

Фенотипы прописываются в порядке убывания доминантности: сначала количество полностью доминантных, далее ДР, потом РД, потом РР.

# АНАЛИЗИРУЮЩЕЕ СКРЕЩИВАНИЕ



□ Рыжий окрас собаки доминирует над черным

A – ген «рыжий»

a – ген «черный»

□ Какие генотипы у черной и рыжей собаки?

Черная – aa

Рыжая – AA, или Aa

□ Следовательно генотип рецессивной особи – черной всегда известен – aa – рецессивная гомозигота.

□ А вот генотип рыжей собаки –?

□ Как же его узнать?



**АНАЛИЗИРУЮЩЕЕ СКРЕЩИВАНИЕ** – это скрещивание особи, имеющей доминантный фенотип, с гомозиготной рецессивной особью.



P: AA

P: Aa

□ Потомки получают гены от родителей – по одному из пары.

□ Для того, чтобы в данном случае родился черный щенок, нужно, чтобы «черные» гены пришли от обоих родителей,

□ Следовательно рыжая собака будет его носителем, т.е. гетерозиготной.

□ Определить генотип рыжей собаки можно по ее потомкам.

□ Для этого надо рыжую собаку скрестить с черной.

□ Если все потомки будут рыжими (**единообразными и доминантными**), то по первому закону Менделя рыжая собака чистая линия, то есть AA.

□ Если среди потомков появятся черные (**то есть произойдет расщепление признаков**), то рыжая собака гетерозиготна, то есть Aa.

1 Определите соотношение фенотипов при полном доминировании и независимом наследовании признаков у потомков от скрещивания дигетерозиготного растения гороха с рецессивной по обоим признакам особью.

2. Какое соотношение генотипов получится при скрещивании двух гетерозигот при полном доминировании? Ответ запишите в виде последовательности цифр в порядке их убывания.

3. Скрестили дигетерозиготное растение томата с красными круглыми плодами с гомозиготным растением с желтыми овальными плодами (круглая форма плода и его красная окраска являются доминантными признаками). Определите соотношение фенотипов  $F_1$ .

4. Сколько разных фенотипов получится при скрещивании гомозиготного растения с желтыми семенами и растения с зелеными семенами? Ответ запишите в виде числа.

5. Закон независимого наследования признаков проявляется, если соотношение фенотипов в  $F_2$  при дигибридном скрещивании составляет ...

6. Какое количество гамет дает...

А. дигомозигота Б. гетерозигота В. дигомозигота Г. дигетерозигота Д. тригетерозигота Е. тригомозигота  
Ж. тетрагетерозигота З. особь с генотипом гомозиготным по одному и гетерозиготным по второму признаку

7. Скрещивались две породы тутового шелкопряда, которые отличались двумя признаками: полосатые гусеницы плели желтые коконы, а одноцветные гусеницы плели белые коконы. В поколении  $F_1$  все гусеницы были полосатые и плетущие желтые коконы. В поколении  $F_2$  наблюдалось расщепление:

- 3117 – полосатые гусеницы, плетущие желтые коконы,
- 1067 – полосатые гусеницы, плетущие белые коконы,
- 1049 – одноцветные с желтыми коконами,
- 351 – одноцветные с белыми коконами.

Определите генотипы исходных форм и потомства  $F_1$  и  $F_2$

8. У кроликов серая окраска тела доминирует над черной, а мохнатая шерсть над гладкой. Черную гладкошерстную самку скрестили с дигетерозиготным самцом. Укажите генотипы родителей и генотипы и фенотипы гибридов первого поколения. Какой закон наследственности проявляется в данном случае?

9. При скрещивании растения арбуза с круглыми полосатыми плодами с растением, имеющим длинные полосатые плоды, все потомство имело круглые полосатые плоды. При скрещивании растения арбуза с круглыми зелеными плодами с растением, имеющим длинные полосатые плоды, в потомстве получили растения с длинными зелеными и круглыми зелеными плодами. Составьте схему решения задачи. Определите доминантные и рецессивные признаки, генотипы всех родительских растений арбуза. Как называется такое скрещивание и для чего его проводят?

10. Генотип одного из родителей будет  $AaBb$ , если при анализирующем дигибридном скрещивании и независимом наследовании признаков наблюдается расщепление по фенотипу в потомстве в соотношении. Ответ запишите в виде последовательности цифр, показывающих соотношение получившихся фенотипов, в порядке их убывания.
11. Скрестили растения томата с генотипами  $AAвв$  и  $aaBB$ ? Сколько генотипов образуется в потомстве  $F_1$ ?
12. В семье, где родители хорошо слышали, и один из них имел светлые глаза, а другой карие, родился один ребенок глухой с карими глазами, а второй — хорошо слышал и имел светлые глаза. Какова вероятность дальнейшего появления глухих детей с карими глазами в семье, если известно, что ген карих глаз доминирует над светлыми, глухота — признак рецессивный, и обе пары генов находятся в разных хромосомах?
13. При скрещивании  $AaBb \times Aabb$  какой процент в потомстве будет иметь генотип рецессивная дигомозигота?
14. Сколько процентов потомства обладало доминантным по обоим признакам фенотипом при скрещивании дигетерозиготного по этим признакам растений гороха с рецессивным по обоим признакам растением? Ответ запишите в виде числа.
15. Сколько типов гамет образует зигота с генотипом  $FfBbCcSs$ ? Ответ запишите в виде цифры.

1. Сколько типов гамет образует зигота с генотипом ....?

А. ИиЛлЯя

Б. МмИиШшАа

2. Определите соотношение фенотипов при полном доминировании и независимом наследовании признаков у потомков от скрещивания тригетерозиготного растения гороха с рецессивной по обоим признакам особью.

3. Сколько разных фенотипов получится при скрещивании дигомозиготных растений с желтыми гладкими семенами и растения с зелеными морщинистыми семенами? Ответ запишите в виде числа.

4. Закон расщепления признаков проявляется, если соотношение фенотипов в  $F_2$  при моногибридном скрещивании составляет ...

5. При скрещивании  $AAbb \times aaBB$  какой процент в потомстве будет иметь генотип рецессивная дигомозигота?

6. При скрещивании курицы с гребнем и оперёнными ногами с петухом без гребня с оперенными ногами, все цыплята были с гребнем и оперенными ногами. При скрещивании кур с гребнем и голыми ногами с петухом, без гребня с оперенными ногами, в потомстве получили цыплят с гребнем и голыми ногами. Составьте схему решения задачи. Определите доминантные и рецессивные признаки, генотипы родителей и потомков. Как называется такое скрещивание и для чего его проводят?