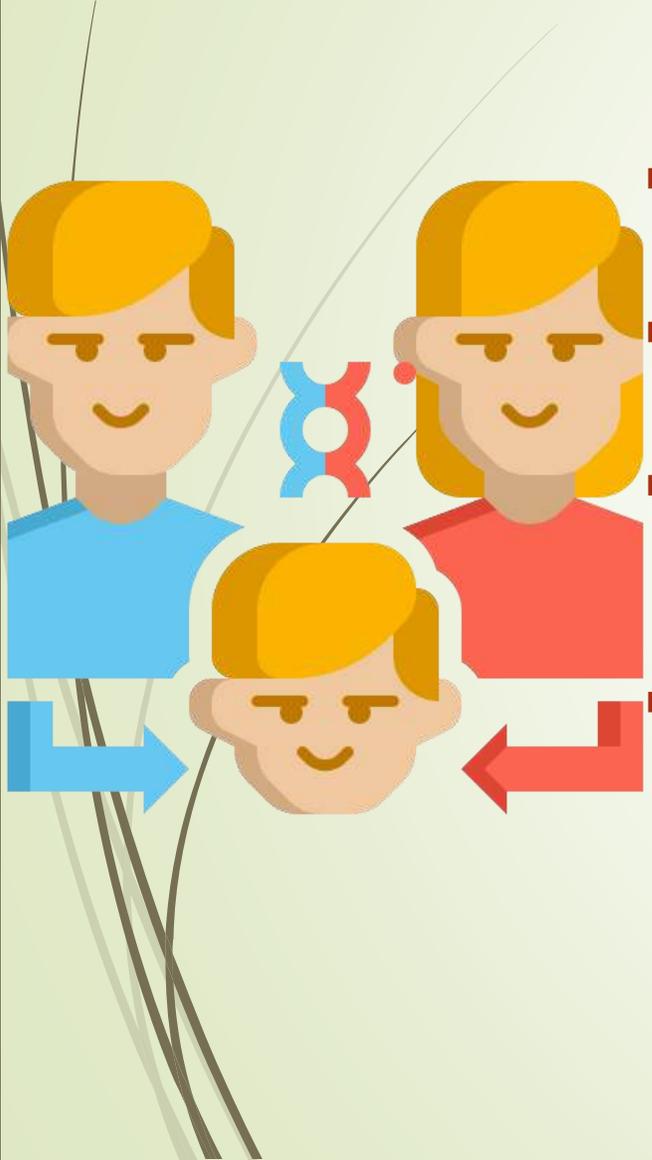


# Закономерности наследования



## Основные понятия генетики



- Генетика — наука о закономерностях наследственности и изменчивости организмов.
- **Наследственность** — свойство организмов передавать свои признаки от одного поколения к другому.
- Элементарной структурной единицей наследственности является **ген** — участок ДНК, содержащий информацию о структуре одного белка, тРНК или рРНК.
- **Генотип** — это сумма всех генов организма, т. е. совокупность всех наследственных задатков.

## Основные понятия генетики

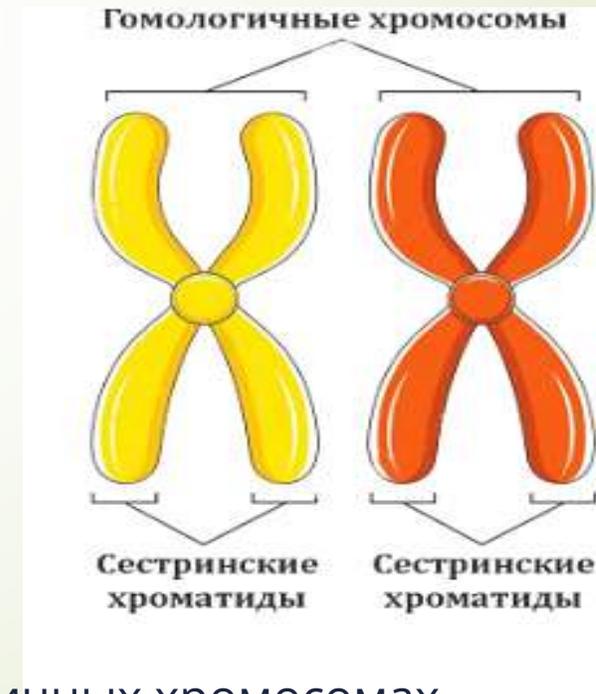
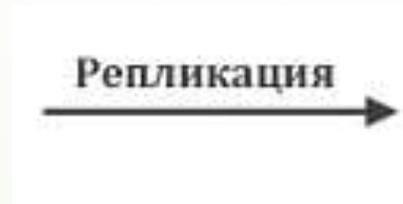
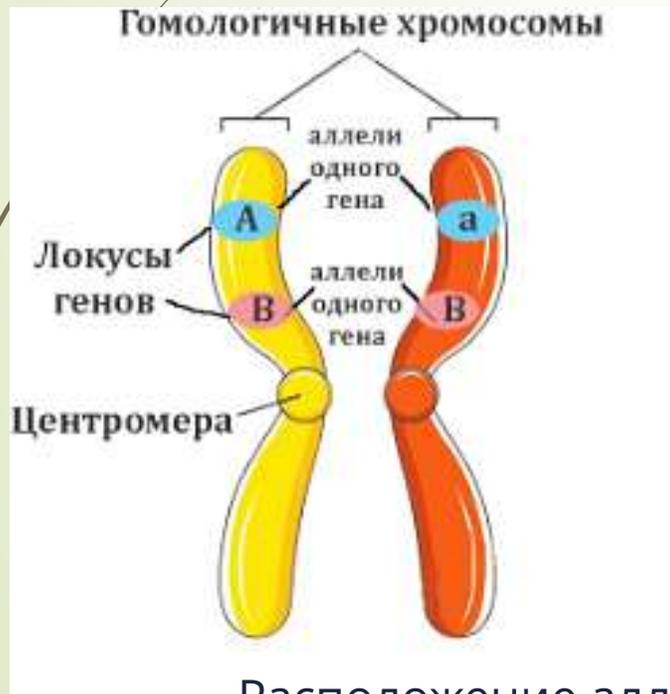
- **Изменчивость** — свойство организмов приобретать новые по сравнению с родителями признаки.
- Совокупность свойств и признаков организма, которые являются результатом взаимодействия генотипа особи и окружающей среды, называют **фенотипом**.



Примеры изменчивости у животных (а) и растений (б)

## Основные понятия генетики

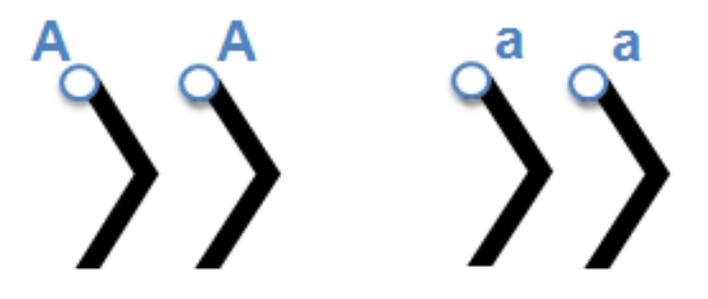
- ▶ Гомологичные хромосомы — пара хромосом приблизительно равной длины, с одинаковым положением центromеры.
- ▶ Их гены в соответствующих (идентичных) локусах представляют собой аллельные гены — аллели, то есть кодируют одни и те же белки или РНК.



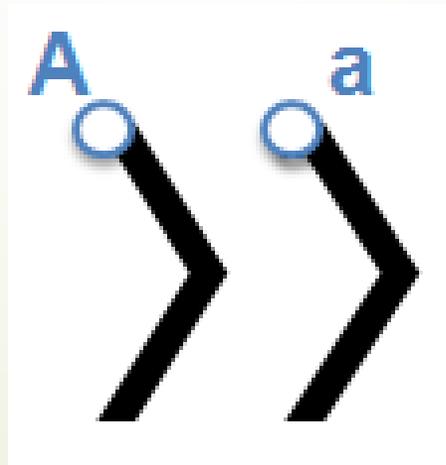
Расположение аллельных генов в гомологичных хромосомах

## Основные понятия генетики

- **Гомозигота** — организм, имеющий аллельные гены одной молекулярной формы (оба доминантные или оба рецессивные).



- **Гетерозигота** — организм, имеющий аллельные гены разной молекулярной формы; в этом случае один из генов является доминантным, другой — рецессивным.



## Основные понятия генетики

- **Рецессивный ген** — аллель, определяющий развитие признака только в гомозиготном состоянии; такой признак будет называться рецессивным.
- **Доминантный ген** — аллель, определяющий развитие признака не только в гомозиготном, но и в гетерозиготном состоянии; такой признак будет называться доминантным.

**A** – черная окраска  
(доминантный)  
**a** – белая окраска  
(рецессивный)

**AA**  
**Aa**

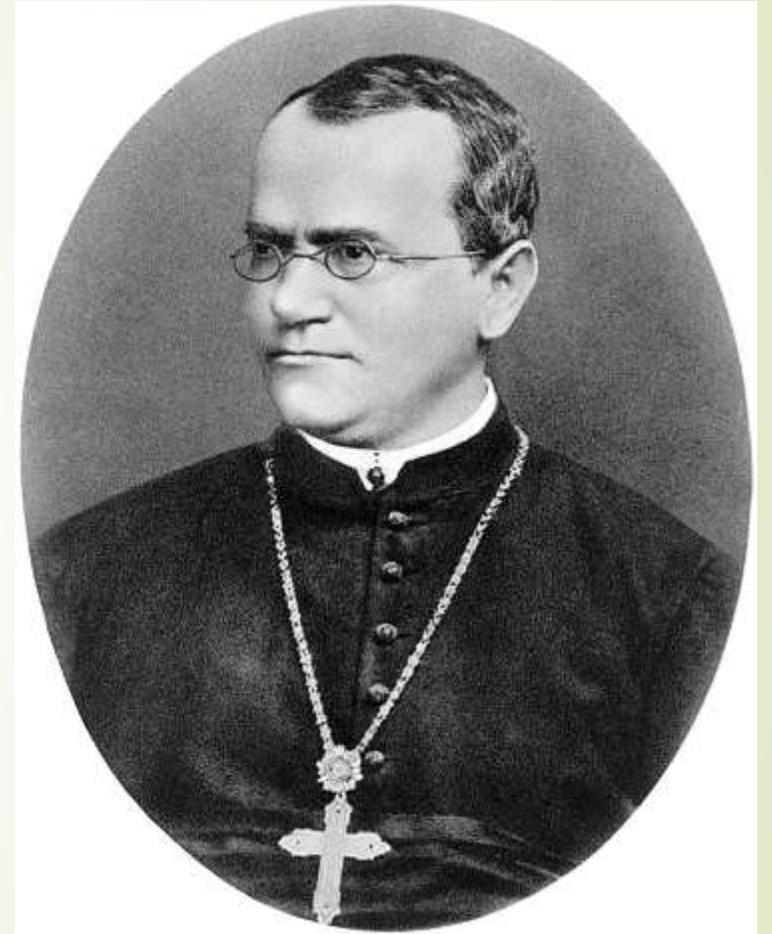


**aa**



## У истоков генетики

- Основные закономерности наследования признаков впервые были описаны во второй половине XIX в. австрийским учёным Грегором Менделем (1822–1884).
- Результаты своих экспериментов Г. Мендель представил в 1865 г. на заседании Общества естествоиспытателей г. Брюнна и изложил в статье «Опыты над растительными гибридами».



Грегор Мендель (1822–1884)

## Моногибридное скрещивание

**Мендель выбрал признаки гороха, которые следует изучать:**

- форма семян (гладкие и морщинистые);
- окраска семян (жёлтые и зелёные);
- окраска цветков (пурпурные и белые);
- расположение цветков (пазушные и верхушечные);
- высота стебля (высокие и низкие);
- форма плодов (выпуклые и с перетяжками);
- окраска плодов (зелёные и жёлтые)

**Особенности гороха:**

- легко выращивать, имеет короткий период развития, поэтому можно получить несколько поколений за один год;
- имеет многочисленное потомство;
- имеет много сортов;
- сорта гороха отличаются друг от друга хорошо выраженными наследственными признаками;
- является самоопыляющимся растением;
- есть возможность искусственно скрещивать сорта.

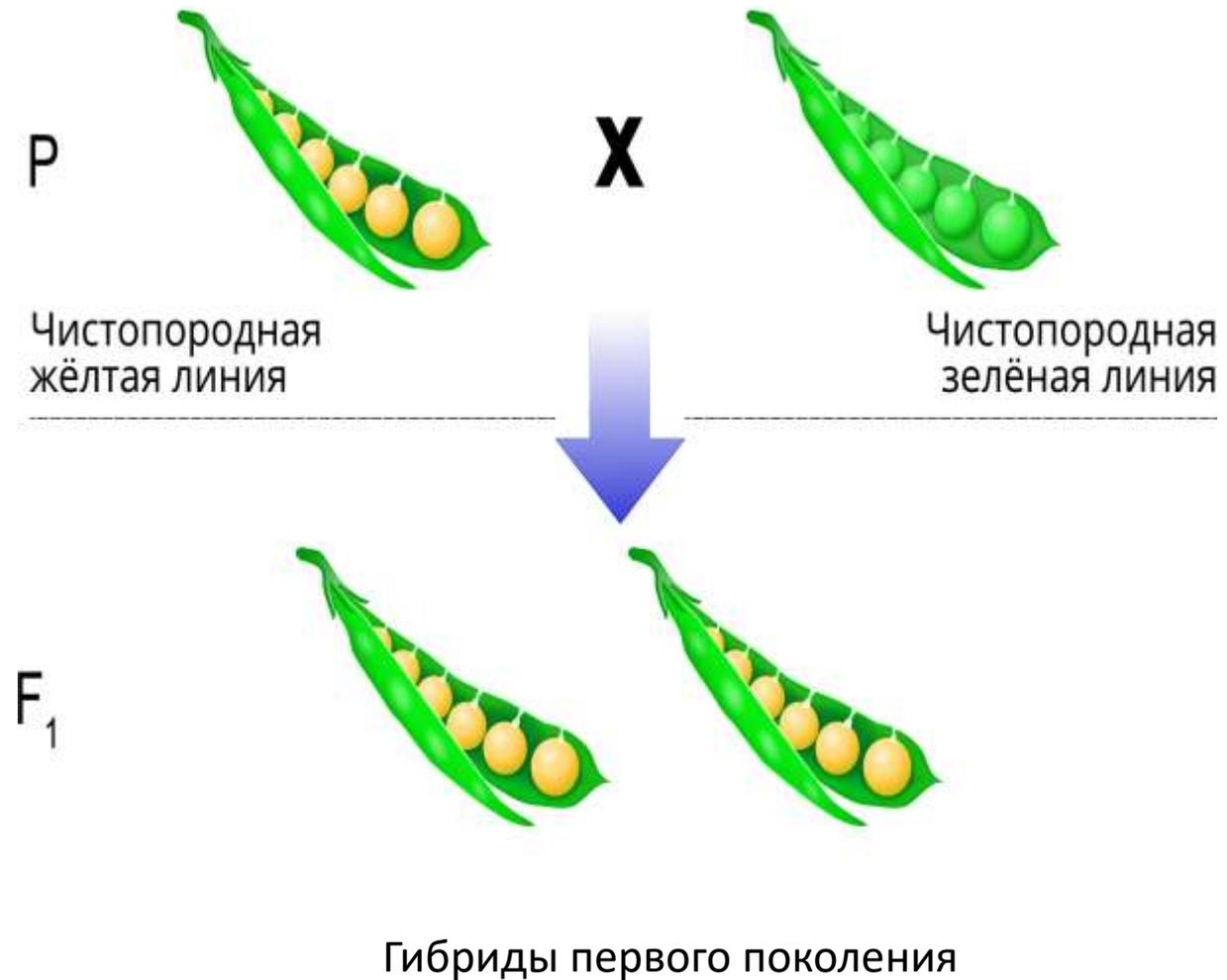
**Гибридологический метод** – это система скрещиваний в ряду поколений, дающая возможность при половом размножении анализировать наследование отдельных свойств и признаков организмов, а также обнаруживать возникновение наследственных изменений.



	Окраска цветков	Форма семян	Окраска семян	Окраска плодов	Форма плодов	Высота стебля	Расположение цветков
Доминантные	 Пурпурные	 Гладкие	 Жёлтые	 Зелёные	 Выпуклые	 Высокие	 Пазушные
Рецессивные	 Белые	 Морщинистые	 Зелёные	 Жёлтые	 С перетяжками	 Низкие	 Верхушечные

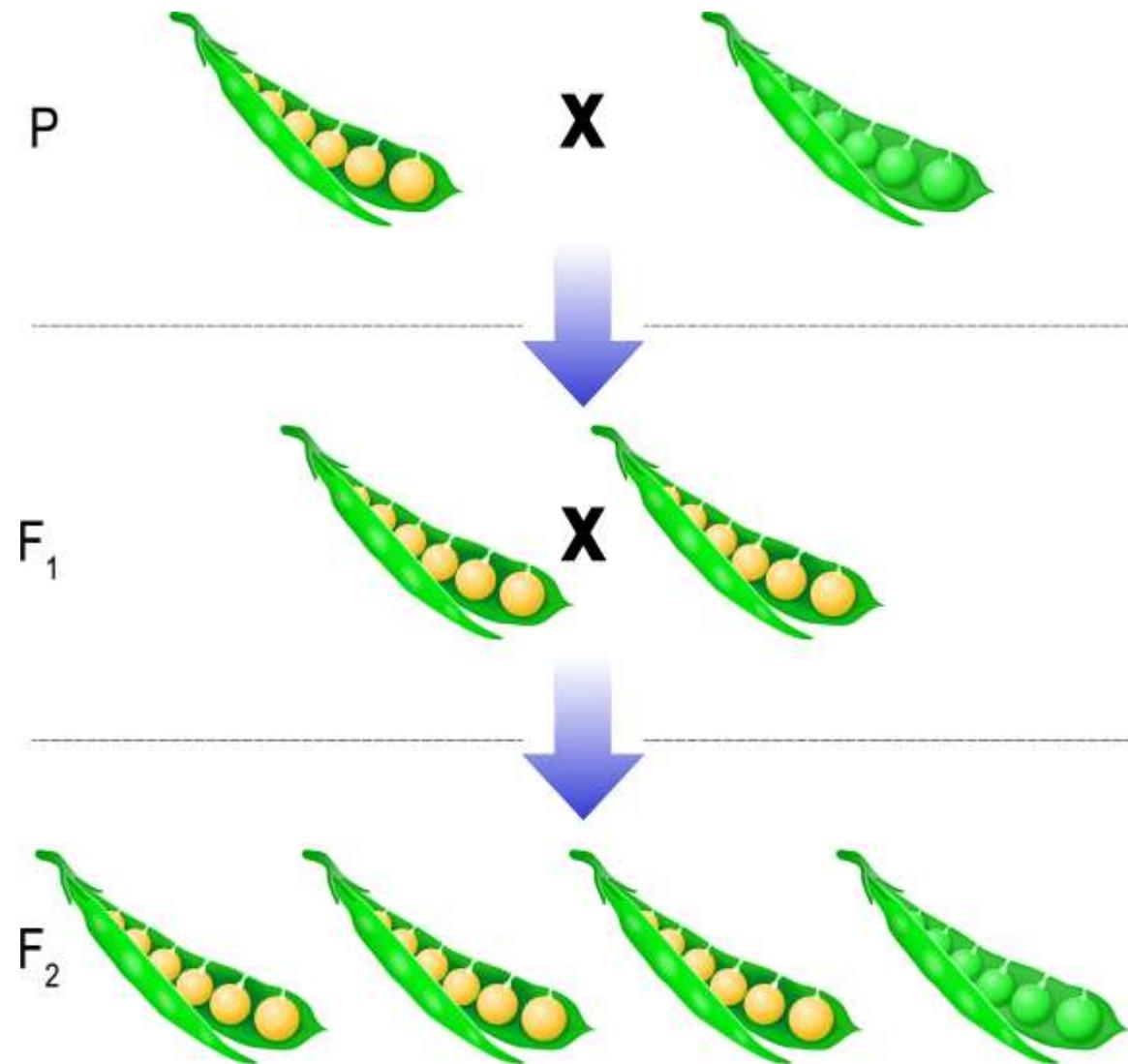
Признаки гороха, изучаемые Г.Менделем

- **Моногибридное скрещивание** — это скрещивание особей, которые отличаются друг от друга только одной парой альтернативных признаков.
- **Закон единообразия гибридов первого поколения**, или **закон доминирования (первый закон Менделя)**: при скрещивании двух гомозиготных организмов, обладающих альтернативными признаками, все гибриды первого поколения будут иметь признак одного из родителей, т. е. они будут единообразны по фенотипу.



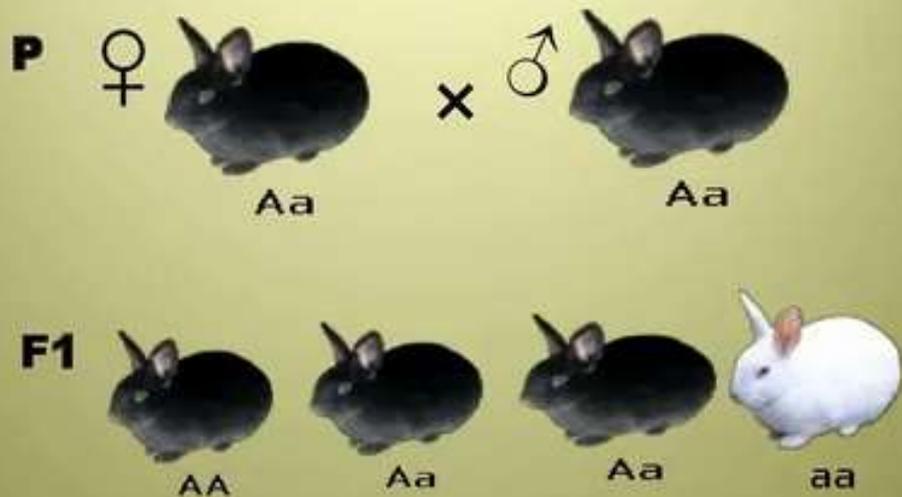
## Второй закон Менделя — закон расщепления

- В результате скрещивания гибридов первого поколения между собой во втором поколении происходит расщепление по альтернативным признакам в отношении 3 : 1.



Гибриды второго поколения

### II закон Менделя



Тема лекции: Закономерности наследования

Доминантные	×	Рецессивные	Доминантные	Рецессивные	Общее количество	Соотношение
 Гладкие семена	×	Морщинистые семена 	5474	1850	7324	2,96 : 1
 Жёлтые семена	×	Зелёные семена 	6022	2001	8023	3,01 : 1
 Пурпурные цветки	×	Белые цветки 	705	224	929	3,15 : 1
 Гладкие плоды	×	Плоды с перетяжками 	882	299	1181	2,95 : 1
 Зелёные плоды	×	Жёлтые плоды 	428	152	580	2,82 : 1
 Пазушные цветки	×	Верхушечные цветки 	651	207	858	3,14 : 1
 Высокий стебель (1 м)	×	Низкий стебель (0,3 м) 	787	277	1064	2,84 : 1

Моногибридное скрещивание. Результаты работы Г. Менделя

## Символика для задач по генетике

♀ — женская особь;

♂ — мужская особь;

x — процесс скрещивания;

P — родители;

G — гаметы, образуемые из исходной клетки;

F1 — потомки первого поколения;

F2 — потомки второго поколения;

A, B, C — доминантные гены (проявляющиеся в фенотипе организма);

a, b, c — рецессивные гены (в фенотипе проявляются исключительно в случае гомозигот).

- **Закон чистоты гамет** - при образовании половых клеток в каждую гамету попадает только один аллель из каждой пары .

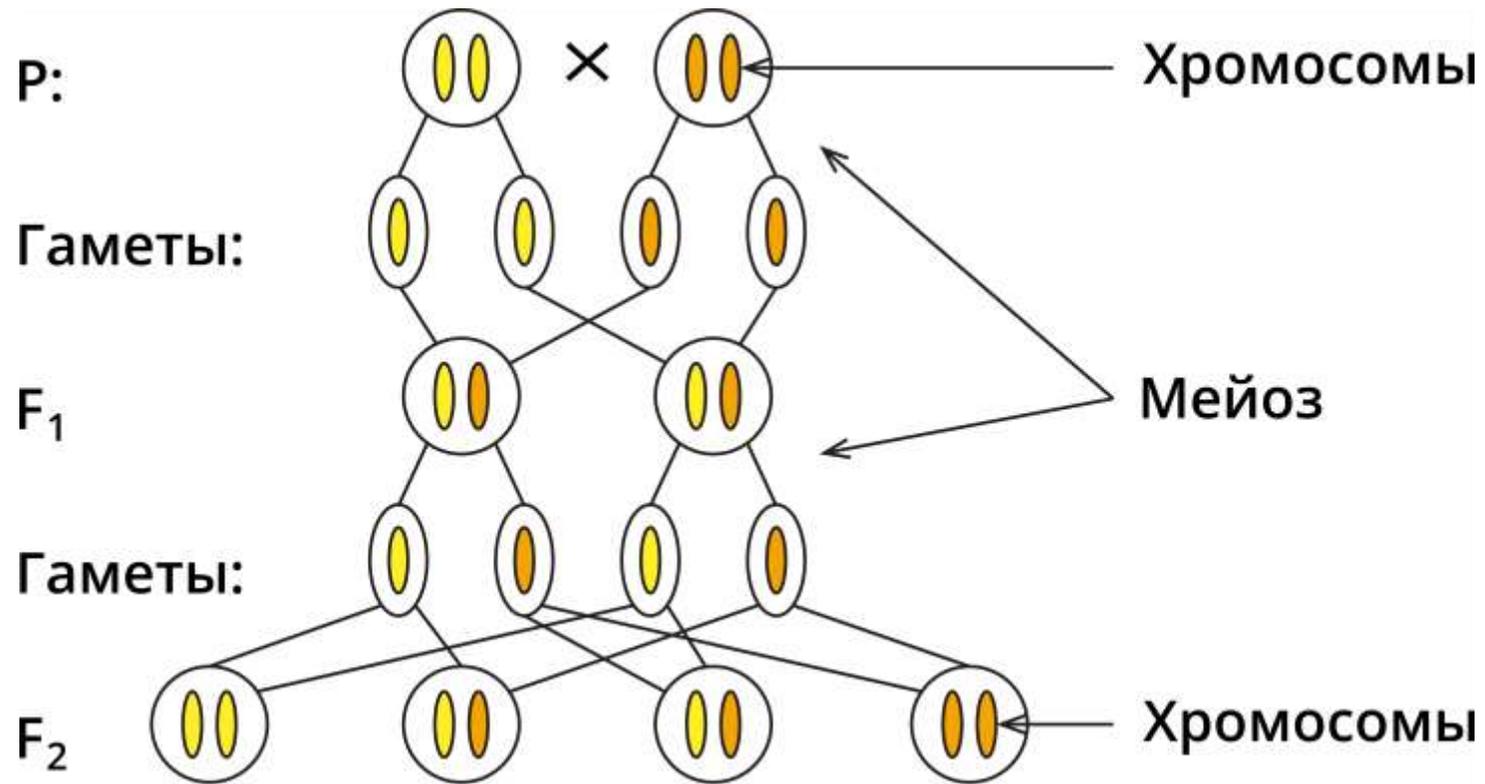


Схема гипотезы «чистоты гамет»

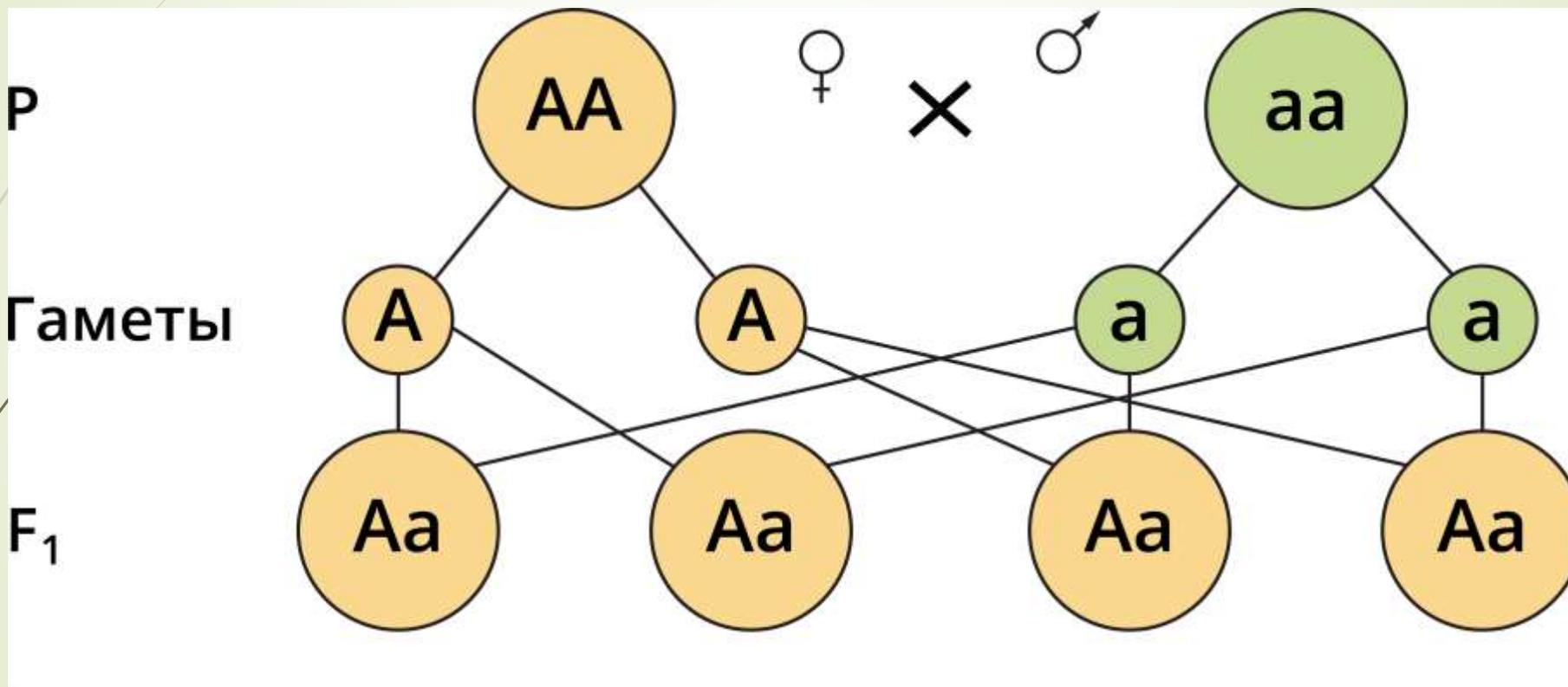
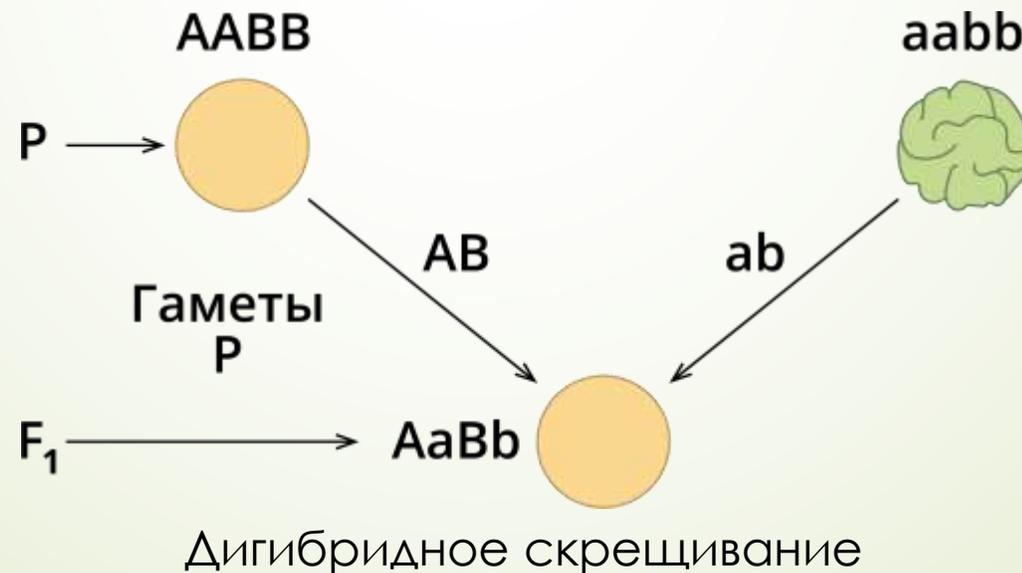


Схема скрещивания гомозигот

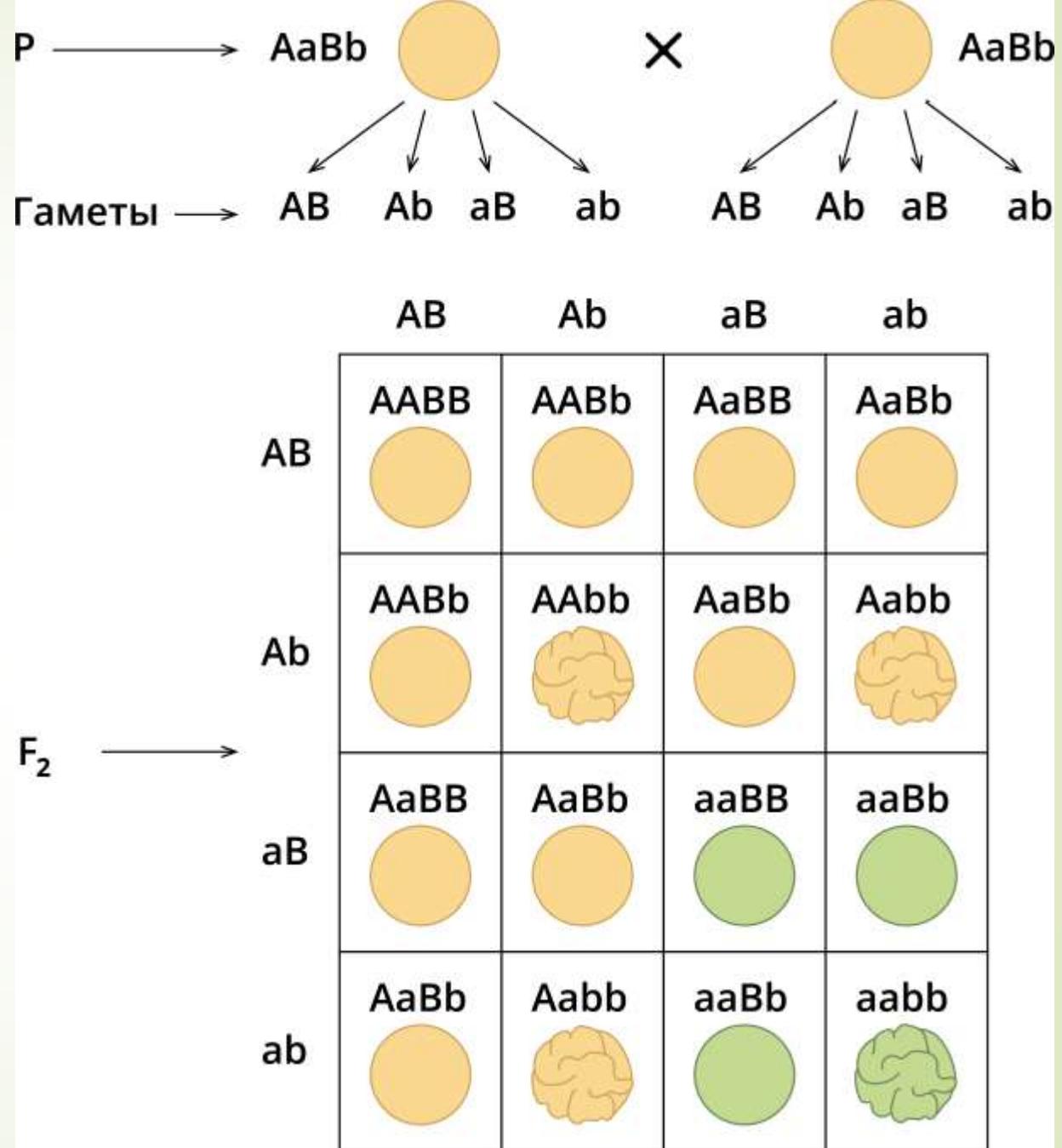
## Дигибридное скрещивание

- Скрещивание, при котором родительские особи отличаются по двум парам аллелей, называется дигибридным.
- Гибриды, гетерозиготные по двум генам, называют дигетерозиготными. Их генотип  $AaBb$ .
- Гены, определяющие развитие разных пар признаков, называются неаллельными и обозначаются разными буквами латинского алфавита.



➔ **Закон независимого наследования** (третий закон Менделя): при скрещивании двух гомозиготных особей, отличающихся друг от друга по двум и более парам альтернативных признаков, гены и соответствующие им признаки передаются потомству независимо друг от друга и комбинируются во всех возможных сочетаниях.

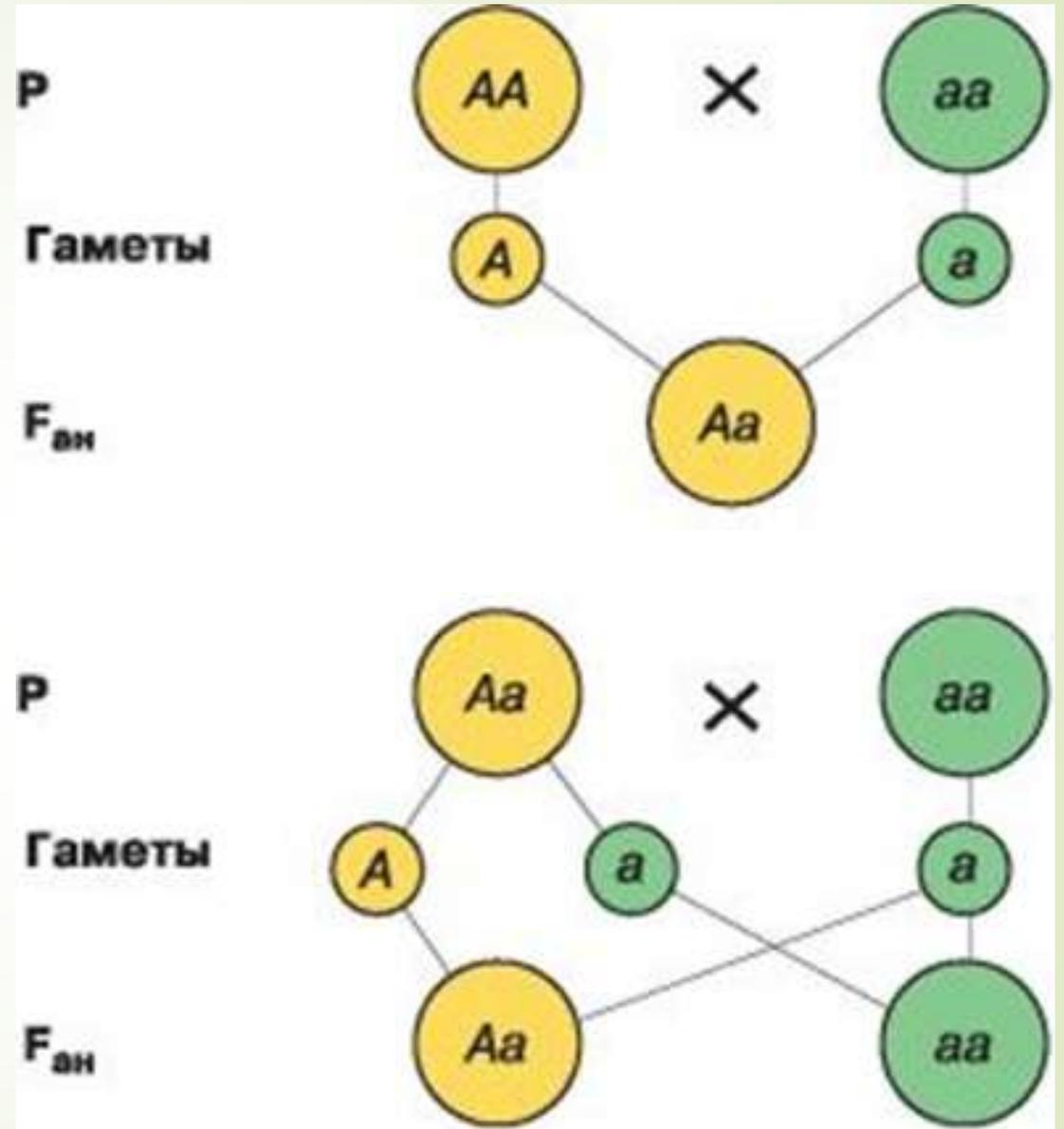
➔ Соотношение фенотипов соответствует 9:3:3:1.



Второе поколение

➔ **Анализирующее скрещивание** – это такой тип скрещивания, при котором исследуемую особь с доминантным фенотипом скрещивают с организмом, гомозиготным по рецессивному аллелю (анализатором).

➔ Если в потомстве от анализирующего скрещивания не наблюдается расщепления, то исследуемая особь гомозиготна (AA). Если образуется потомство двух фенотипических классов в соотношении 1:1, то исследуемая особь гетерозиготна (Aa).



Анализирующее скрещивание по одной паре признаков

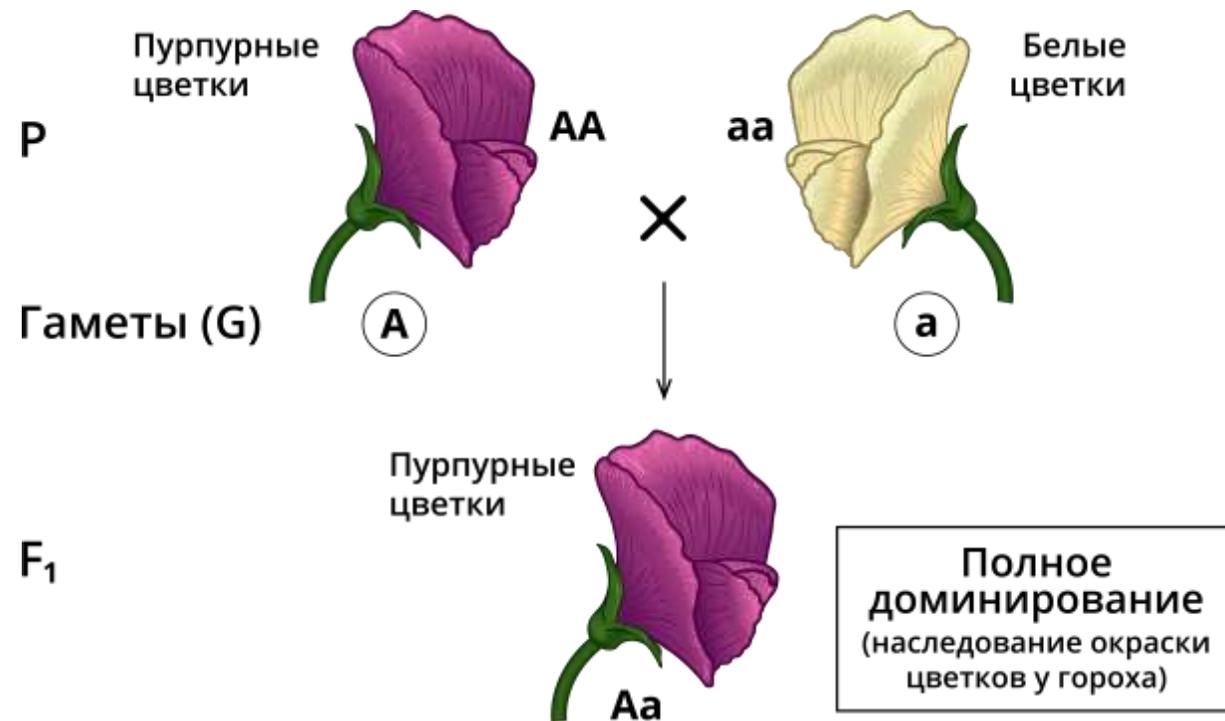
# Взаимодействие аллельных генов

**Полное доминирование** – участие только одного аллеля в определении признака у гетерозиготной особи.

Полное доминирование проявляется в случае полного подавления действия рецессивного аллеля доминантным.

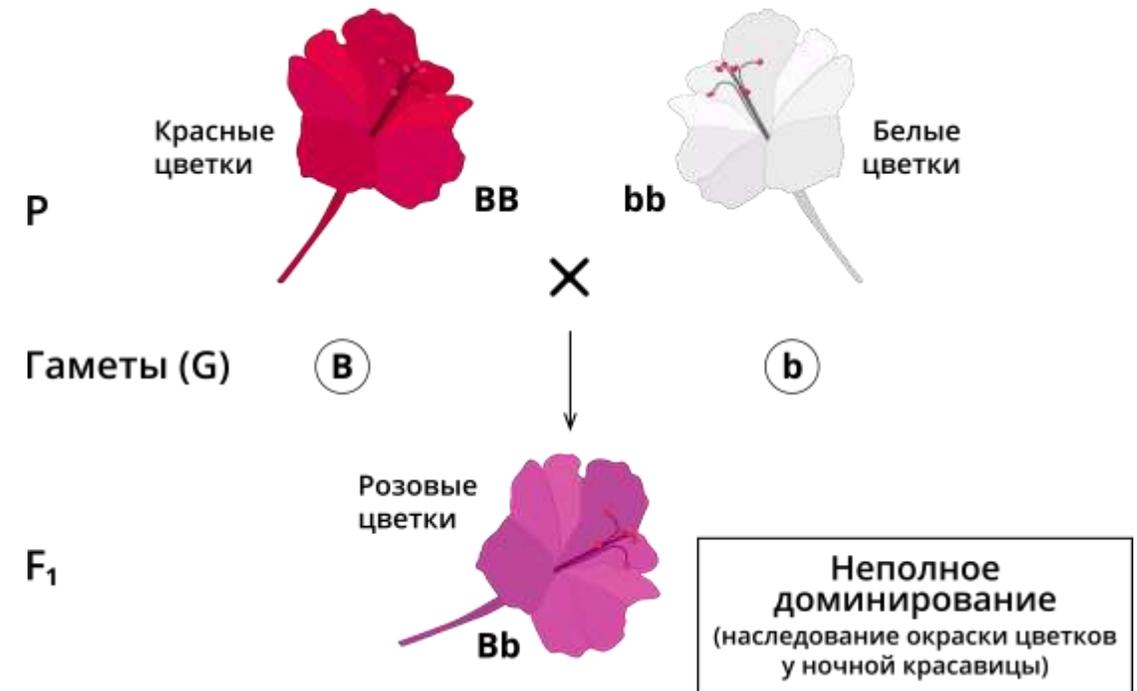
у всех гетерозиготных особей – гибридов первого поколения – фенотип совпадает с фенотипом одной из родительских особей.

При полном доминировании фенотипы гетерозиготного организма ( $Aa$ ) и гомозиготного по доминантному аллелю ( $AA$ ) одинаковы.



## Взаимодействие аллельных генов

При **неполном доминировании** доминантный аллель не полностью подавляет рецессивный, поэтому у гибридов первого поколения – у гетерозиготных организмов (Aa) – наблюдается промежуточное состояние признака, так называемый промежуточный фенотип.

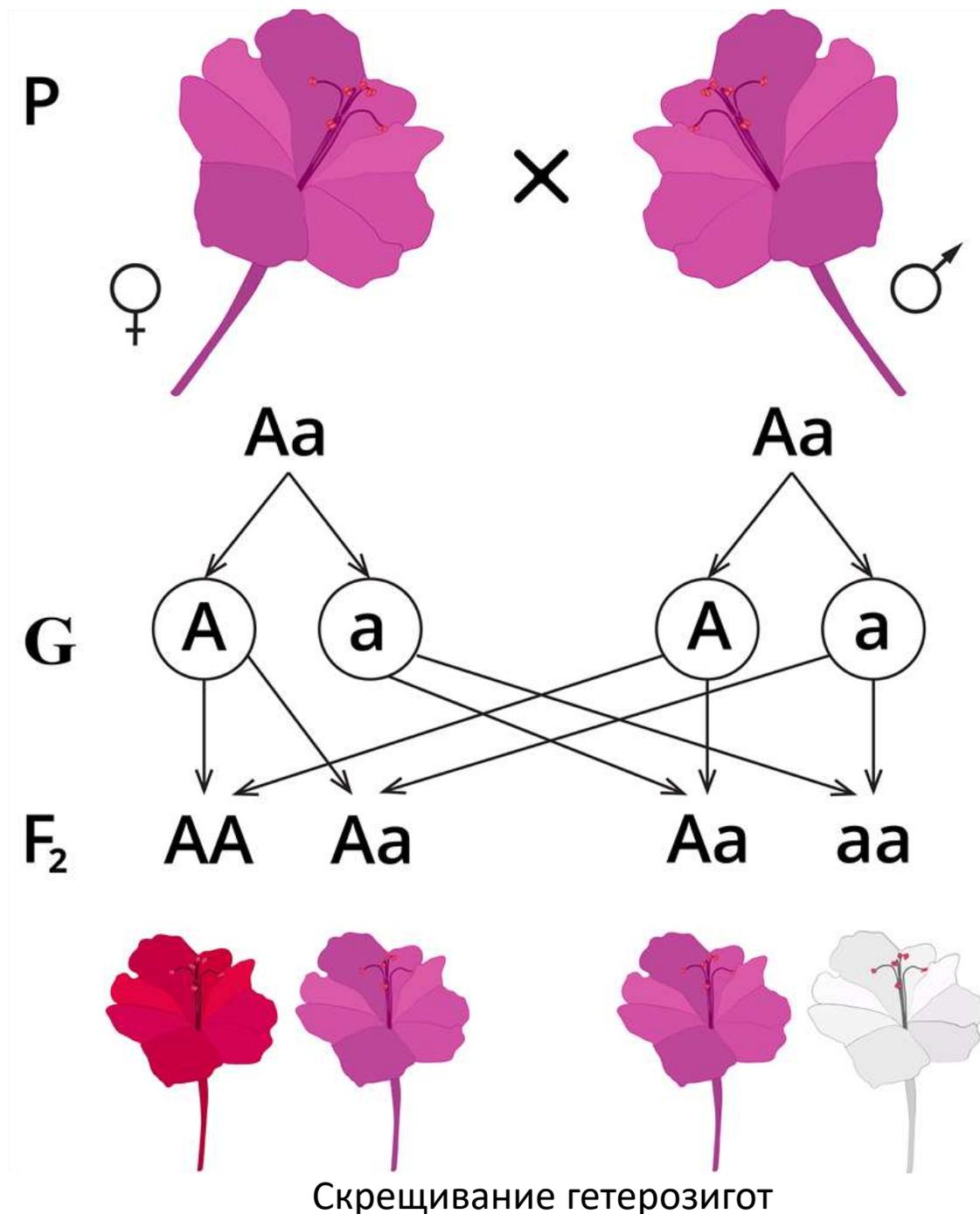


## Взаимодействие аллельных генов

При **неполном доминировании** гетерозигота имеет фенотип, промежуточный между фенотипами гомозигот.

При этом выполняется первый закон Менделя о единообразии гибридов первого поколения.

Во втором поколении по фенотипу и по генотипу наблюдается расщепление в соотношении 1:2:1.



## Примеры неполного доминирования



AA



Aa



aa

При скрещивании чистых линий некоторых пород кур, имеющих чёрную и белую окраску, получают потомство с серебристым оперением.

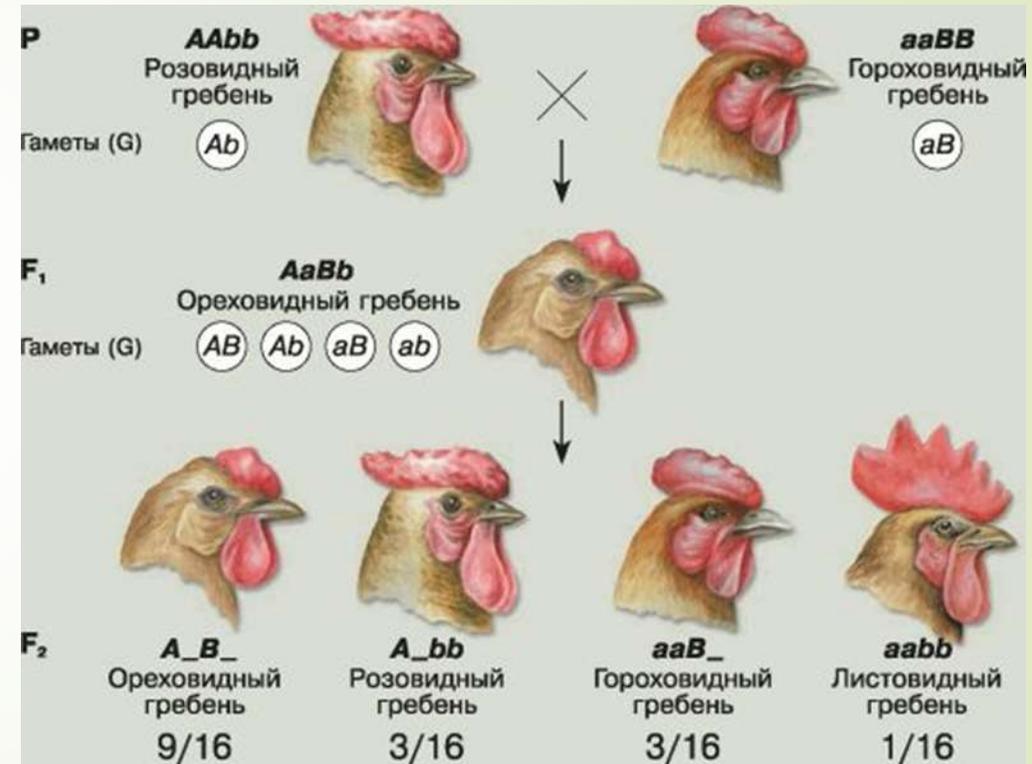
- Наблюдается явление неполного доминирования также и у человека. Так наследуется брахидактилия (укорочения фаланг пальцев). У человека с генотипом АА развитие пальцев и скелета происходит нормально.
- У гетерозигот Аа наблюдается укорочение фаланг пальцев, а у рецессивных гомозигот аа развитие скелета происходит с множественными нарушениями, и они оказываются нежизнеспособными.



Примеры брахидактилии

## Взаимодействие неаллельных генов.

Комплементарность (дополнительное действие генов) — взаимодействие неаллельных генов, при котором они дополняют друг друга, а признак формируется лишь при одновременном действии двух доминантных генов, которые по отдельности не приводят к появлению признака.



- Задача 1.
- У тыквы дисковидная форма плода доминирует над шаровидной. Гомозиготную шаровидную тыкву опылили пыльцой такой же тыквы. Какими будут гибриды первого поколения?



Шаровидная форма



Дисковидная форма

## Решение задачи 1

Дано:

A – дисков.

a – шаров.

P: ♀ aa

♂ aa

---

F<sub>1</sub> - ?

Решение:

P: ♀ aa x ♂ aa

G: a a

F<sub>1</sub>: aa

## Задача 2

- У морских свинок черная окраска шерсти доминирует над белой. Скрестили двух гетерозиготных самца и самку. Какими будут гибриды первого поколения?



Черный окрас



Белый окрас

## Решение задачи 2

### Дано:

A – черн.

a – белая

P: ♀ Aa

♂ Aa

F<sub>1</sub> - ?

### Решение:

P: ♀ Aa x ♂ Aa

G: A A

a a

F<sub>1</sub>: AA, Aa, Aa, aa

ч ч ч б

Ответ:  $\frac{3}{4}$  гибридов первого поколения будут черными,  
 $\frac{1}{4}$  - белыми.

## Задача 3.

- ▶ У томатов красная окраска плода доминирует над желтой. Переопылили два растения с красной окраской плодов: одно было гомозиготным, другое гетерозиготным. Растения с какими плодами вырастут в первом поколении?



Окрас томатов

## Решение задачи 3.

Дано:

A – красн.

a – желт.

P: ♀ AA

♂ Aa

F<sub>1</sub> - ?

Решение:

P: ♀ AA x ♂ Aa

G:        A            A  
                              a

F<sub>1</sub>: AA, Aa

к    к

Ответ: все растения в первом поколении будут с красными плодами.

## Задача 4

- Ген, определяющий лень, доминирует над работоспособностью. Есть подозрение, что Емеля из сказки «По щучьему велению» гетерозиготен. Может ли быть такое, если известно, что мать Емели была работающей, а отец – очень ленивый?



## Решение Задача 4

Дано:

A – лень

a – работ.

P: ♀ aa

♂ A\*

F1 - ?

Решение:

P: ♀ aa x ♂ A\*

F1: Aa

Один аллель (одна буква) в генотипе у Емели от мамы, а второй – от папы, следовательно, он может быть гетерозиготным

Ответ: генотип Емели может быть Aa.

## Задача 5

У Шрека ген лысости доминирует над геном волосатости. Волосатая Фиона вышла замуж за лысого Шрека, имеющего лысого брата и лысого отца. У них родилась лысая Шреченька. Шреченька вышла за волосатого Шрека. Какова вероятность, что у них родится лысый Шрек?



## Решение задачи 5

- Дано:
- А – лысость.
- а – волос.
- Р: ♀ aa
- ♂ Aa
- F1: A\*
- F2 - ?

Решение:

1) Р: ♀ aa    x    ♂ Aa  
G:    a            A  
                         a

F1: Aa, aa  
      Λ.    В.

2) F1: ♀ Aa    x    ♂ aa  
G:    A            a  
                         a

F2: Aa, aa  
      Λ.    В.

## Задача 6

Одна из форм шизофрении наследуется как рецессивный признак. Определить вероятность рождения ребенка с шизофренией от здоровых родителей, если известно, что бабушка со стороны отца и дед со стороны матери страдали этими заболеваниями.



Адольф Вильям Бугро.  
«Материнское счастье».  
1869.

## Решение задачи 6

➤ Решение

➤ P ♀Aa × ♂Aa

➤ здорова          здоров

➤ гаметы A a A a

➤ F1 AA                  Aa                  Aa                  aa

➤ здоров 25%    здоров 25%    здоров 25%    болен 25%

➤ Мужчина и женщина здоровы, следовательно, они несут доминантный ген А. 2. У каждого из них один из родителей нес рецессивный признак шизофрении (aa), следовательно, в их генотипе присутствует также рецессивный ген а, и их генотип – Аа.

➤ Вероятность появления больного ребенка равна 1/4 (число событий, при котором появляется генотип aa, равно 1, число всех возможных событий равно 4). Ответ Вероятность рождения ребенка, больного шизофренией, равна 25% (1/4).

## Задача 7

- У Лены и Кати карие глаза, а у их брата Семёна – голубые. Папа этих детей голубоглазый, хотя его родители имели карие глаза. Какой признак доминирует? Какой цвет глаз у мамы? Напишите генотипы всех перечисленных лиц.



## Решение задачи 7

- ▶ У двух кареглазых людей (дедушка и бабушка) родился ребенок, отличающийся от них по фенотипу, следовательно, они гетерозиготны и их генотип – Аа.
- ▶ Гетерозиготы несут доминантный признак, значит, таковым является кария окраска глаз (А), а голубоглазость определяется рецессивным геном (а).
- ▶ Генотип голубоглазых отца и сына – аа, так как они проявляют рецессивный признак.
- ▶ Генотип дочерей – Аа, потому что они кареглазы (А), и от отца могли унаследовать только рецессивный ген а.
- ▶ Мать должна быть кареглазой, потому что дочери могли получить доминантный ген А только от нее. Она несет также рецессивный ген а, потому что у нее есть ребенок с генотипом аа.
- ▶ Следовательно, генотип матери – Аа.

Р ♀аа голубые × ♂Аа карие  
гаметы а А а  
F1 аа голубые 50% Аа карие 50%

## Задача 8

У человека карий цвет глаз доминирует над голубым, а наличие веснушек над их отсутствием. Кареглазый мужчина без веснушек, отец которой был голубоглазым, женился на голубоглазой женщине с веснушками, мать которой была без веснушек. Какова вероятность рождения голубоглазого ребенка без веснушек в этой семье?



## Решение:

A - карий цвет глаз; a - голубой цвет глаз;

B - наличие веснушек; b - отсутствие веснушек.

Так как у кареглазого мужчины без веснушек, отец которого был голубоглазым, является гетерозиготным по признаку цвета глаз - Aa и его генотип - Aabb. Голубоглазая женщина с веснушками, мать которой была без веснушек, является гетерозиготой по признаку веснушек - (Dd) и её генотип - aaBb.

Схема скрещивания

P: aaBb x Aabb

G: aB; ab      Ab; ab

F1: AaBb - 25%; Aabb - 25%;

aaBb - 25%; aabb - 25%.

Наблюдается 4 типа генотипа. Расщепление по генотипу - 1:1:1:1.

Фенотип:

AaBb - кареглазость, наличие веснушек - 25%;

Aabb - кареглазость, отсутствие веснушек - 25%;

aaBb - голубоглазость, наличие веснушек - 25%;

aabb - голубоглазость, отсутствие веснушек - 25%.

Наблюдается 4 типа фенотипа. Расщепление по фенотипу - 1:1:1:1.

Выводы:

1) вероятность рождения голубоглазого ребенка без веснушек в этой семье составляет 25%.

## Задача 9

- Ген черной масти у крупнорогатого скота доминирует над геном красной масти. Какое потомство  $F_1$  получится от скрещивания чистопородного черного быка с красными коровами? Какое потомство  $F_2$  получится от скрещивания между собой гибридов?

## Задача 10

- ▶ При скрещивании серых мух друг с другом в их потомстве F1 наблюдалось расщепление. 1392 особи были серого цвета и 467 особей – черного. Какой признак доминирует? Определить генотипы родителей.

## Задача 11

- ▶ Глухота и болезнь Вильсона (нарушение обмена меди) – рецессивные признаки. От брака глухого мужчины и женщины с болезнью Вильсона родился ребенок с обеими аномалиями. Какова вероятность рождения в этой семье здорового ребенка?