

Закономерности  
наследования признаков  
при половом  
размножении

20.07.1822 – 6.01.1884



Будучи в Вене, Мендель заинтересовался процессом гибридизации растений и, в частности, разными типами гибридных потомков и их статистическими соотношениями.

Вдохновившись изучением изменений признаков растений, с 1856 по 1863г . стал проводить опыты на горохе в экспериментальном монастырском саду, и сформулировал законы, объясняющие механизм наследования, известные нам как «Законы Менделя».

# Генетические обозначения:

P – родители;

F – потомство, число указывает на порядковый номер поколения, F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub>.

X – значок скрещивания,

♂ - мужские особи,

♀ - женские особи;

A, a, B, b, C, c – отдельно взятые наследственные признаки.

A, B, C – доминантные аллели гена,

a, b, c – рецессивные аллели гена.

Aa – генотип, гетерозигота;

aa – рецессивная гомозигота,

AA – доминантная гомозигота.

:

1. *Моногибридное.*

Наблюдение ведется только по одному признаку, т.е.

отслеживаются аллели одного гена.

2. *Дигибридное.*

Наблюдение ведется по двум признакам, т.е.

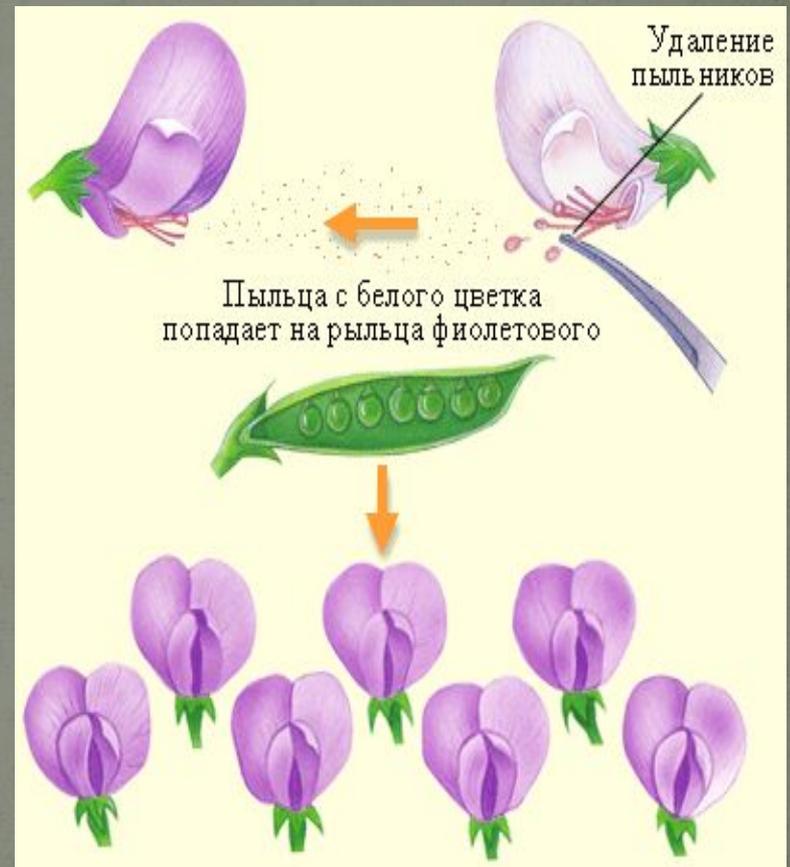
отслеживаются

аллели двух генов.

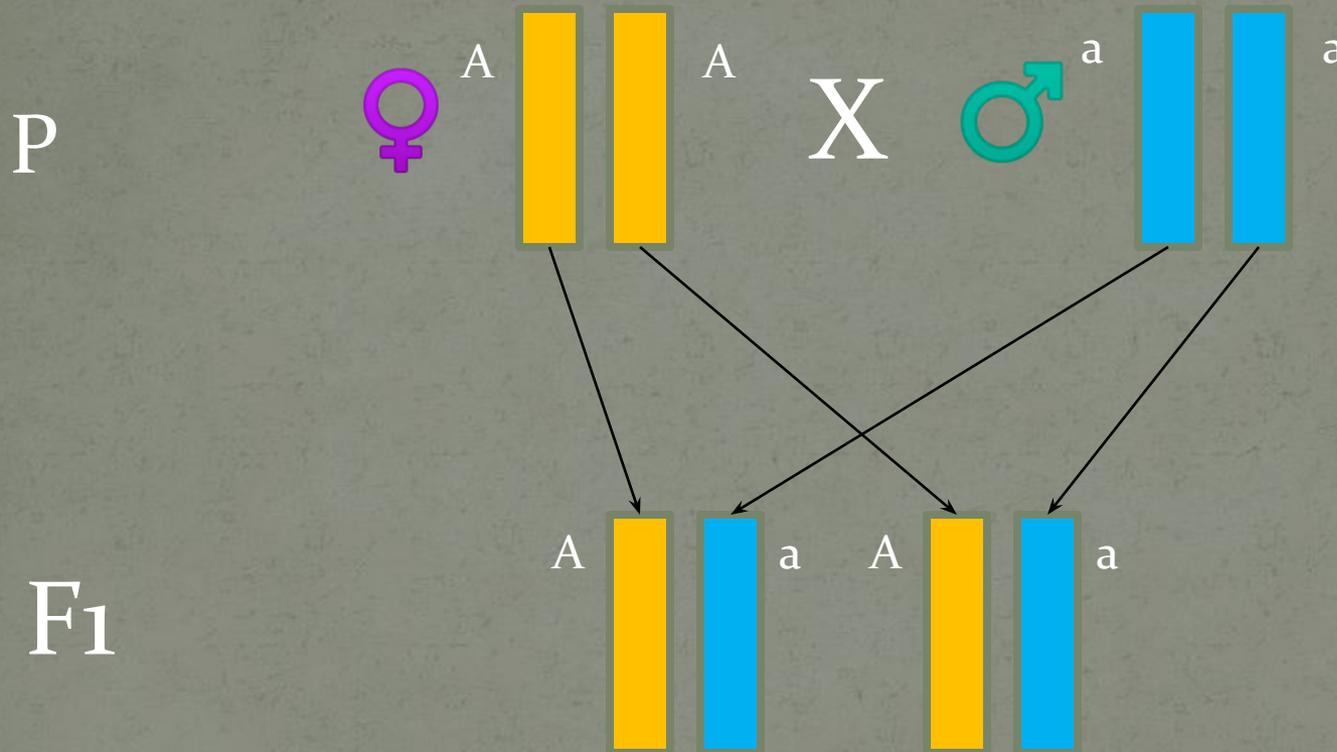


# Закон единообразия гибридов первого поколения.

- При скрещивании двух гомозиготных организмов, относящихся к разным чистым линиям и отличающихся друг от друга по одной паре альтернативных признаков, всё первое поколение гибридов ( $F_1$ ) окажется единообразным и будет нести признак одного из родителей.



# Схема I закона Менделя

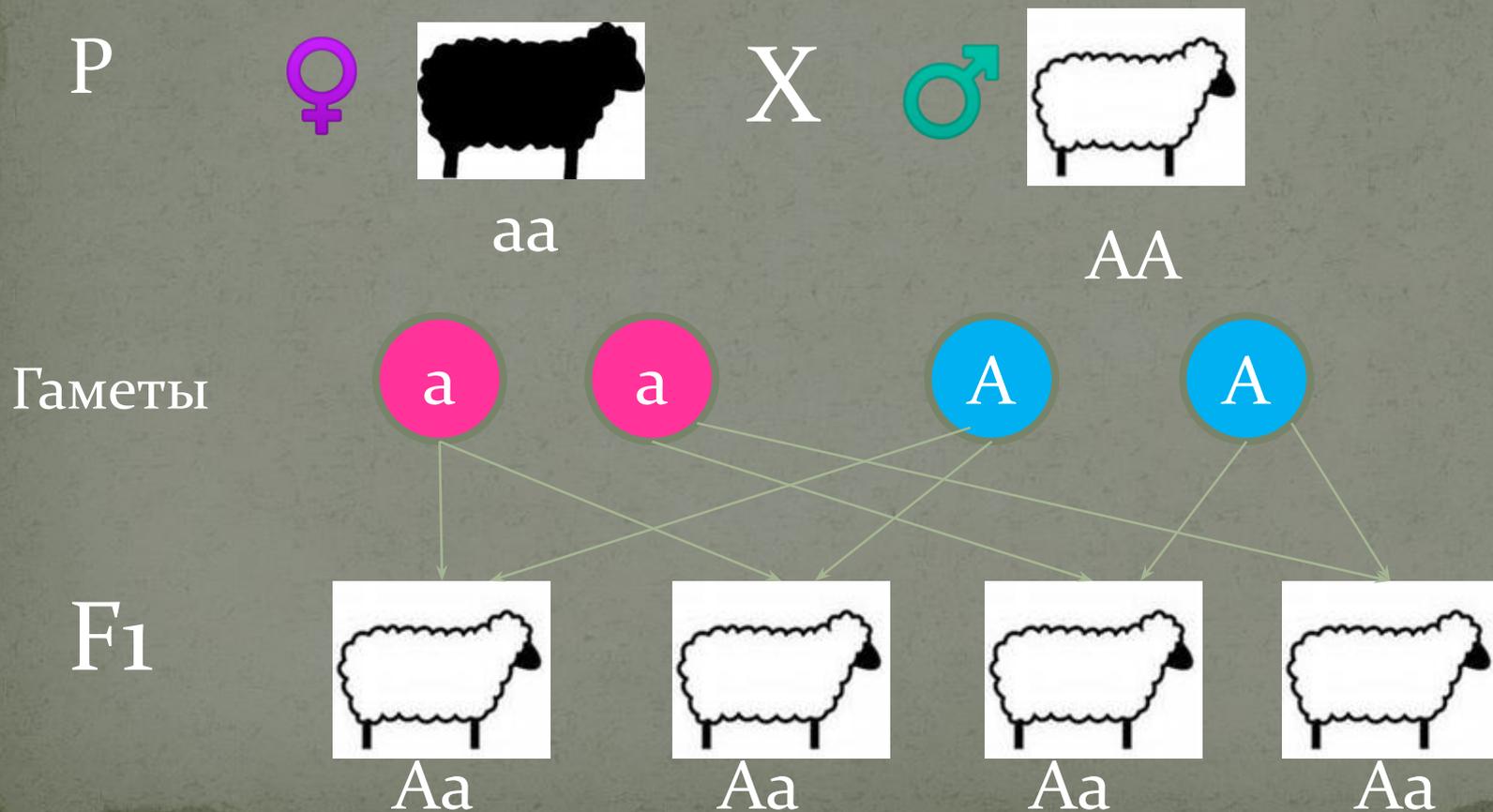


- доминантный признак



- рецессивный признак

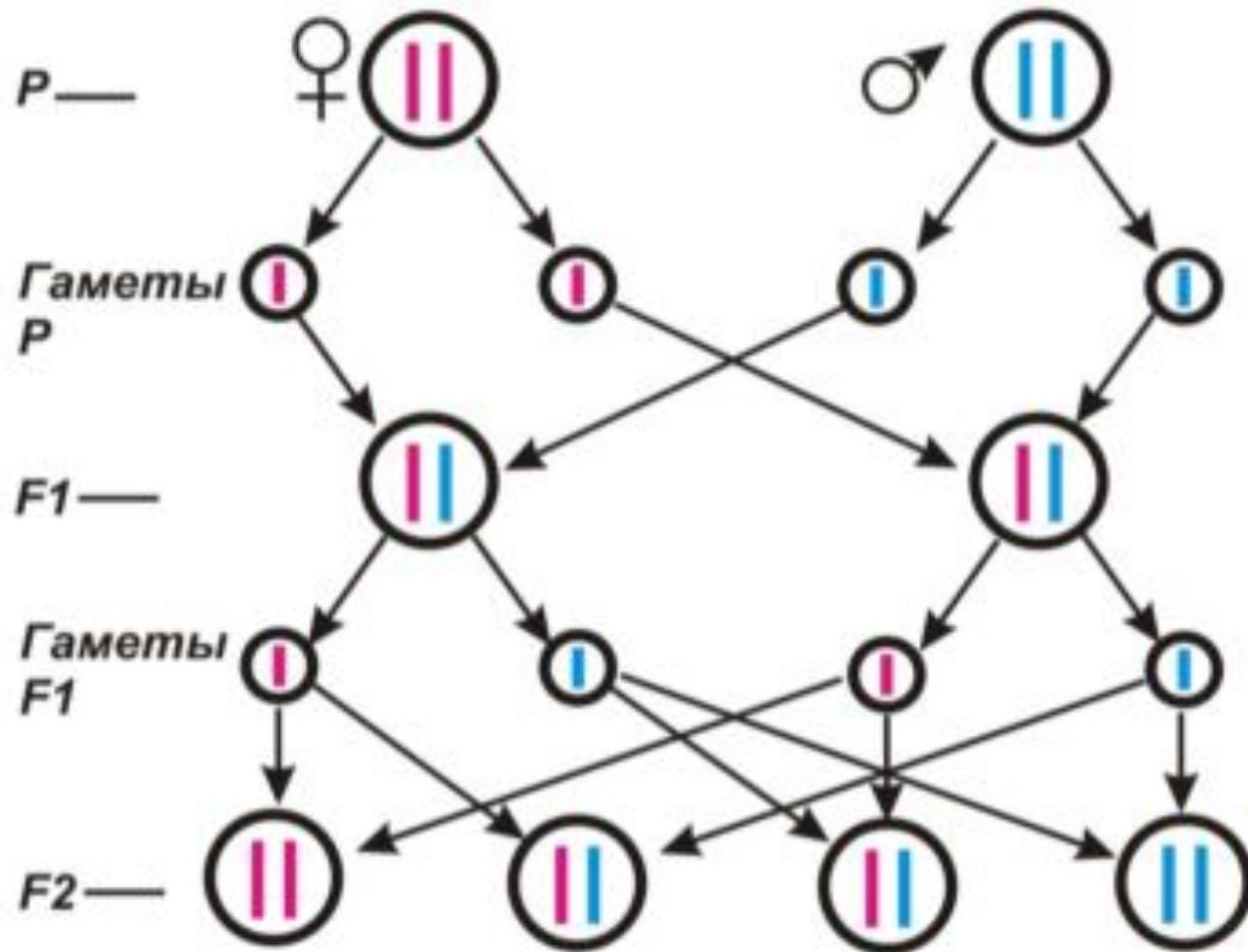
# Распределение признака окраски овец по I закону Менделя (моногибридное скрещивание)



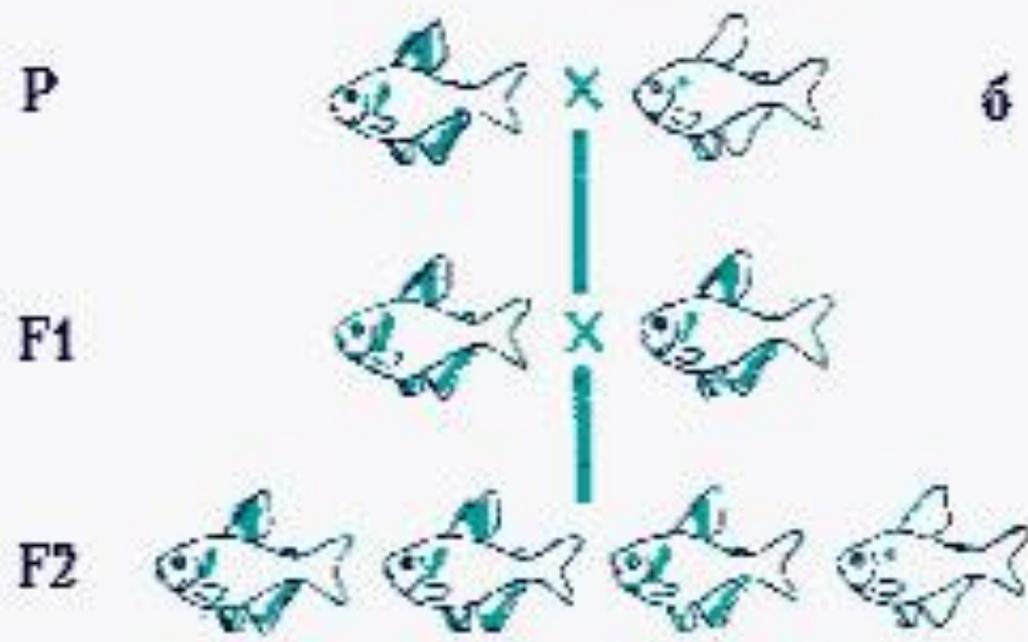
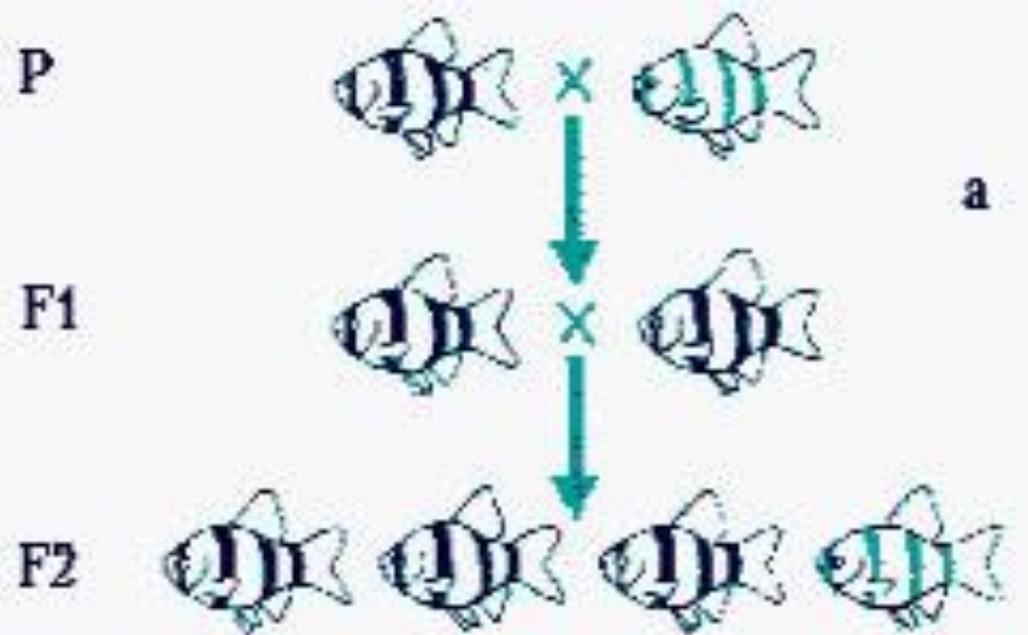
# Закон расщепления признаков у гибридов второго поколения

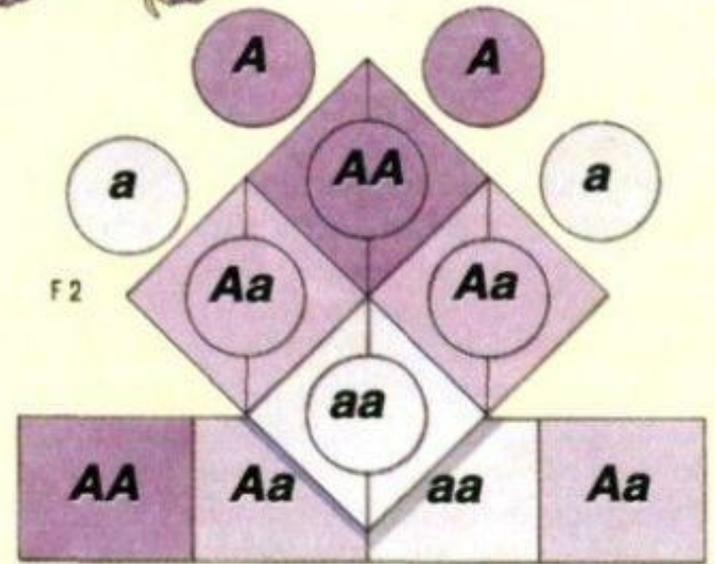
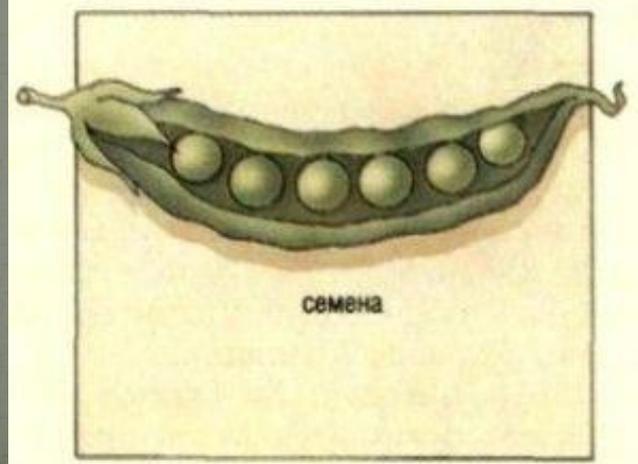
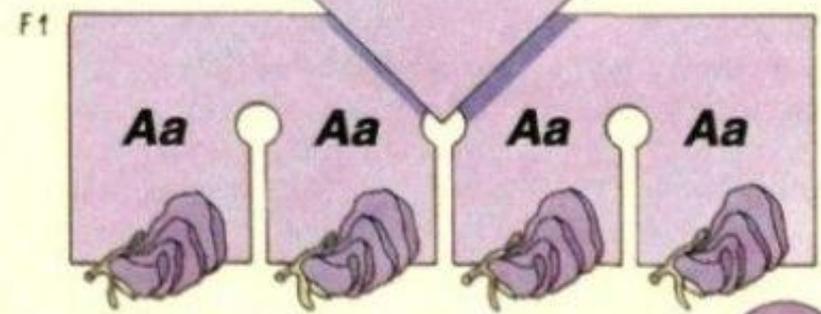
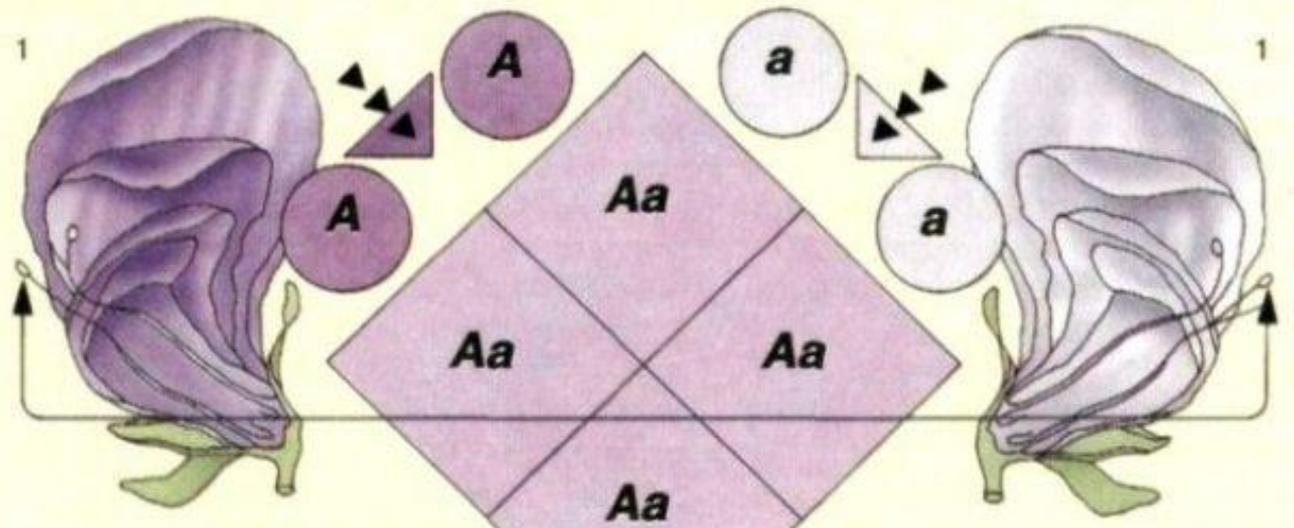
- *При скрещивании двух гетерозиготных потомков первого поколения между собой во втором поколении наблюдается расщепление в определенном числовом отношении: по фенотипу 3:1, по генотипу 1:2:1.*
- Расщепление — это распределение доминантных и рецессивных признаков среди потомства в определённом числовом соотношении.

# Цитологические основы моногибридного расщепления



■ — хромосомы с геном доминантного признака  
■ — хромосомы с геном рецессивного признака





P

BB



X



bb

F<sub>1</sub>

Bb



x Bb



Bb



Bb

BB

Bb

Bb

bb

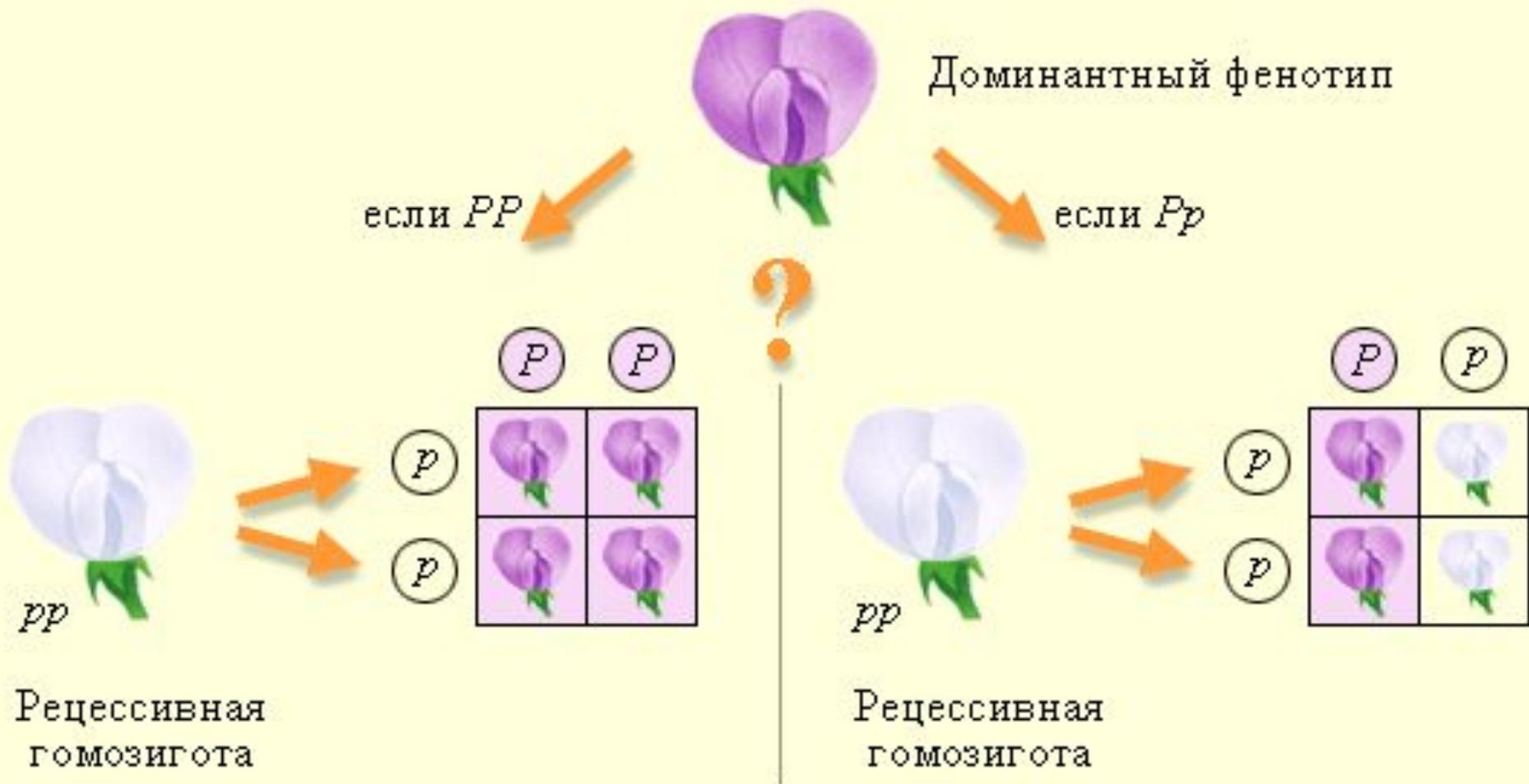
F<sub>2</sub>

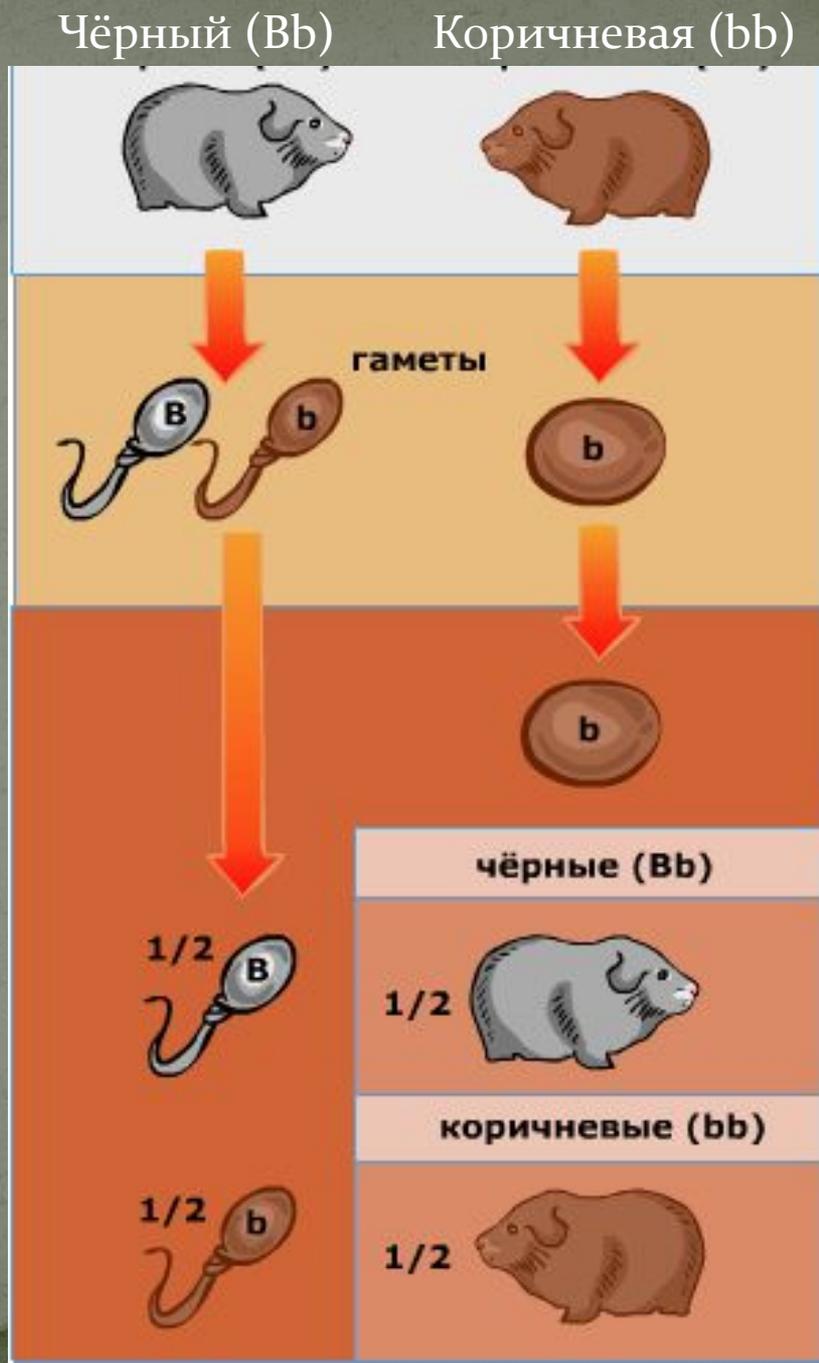
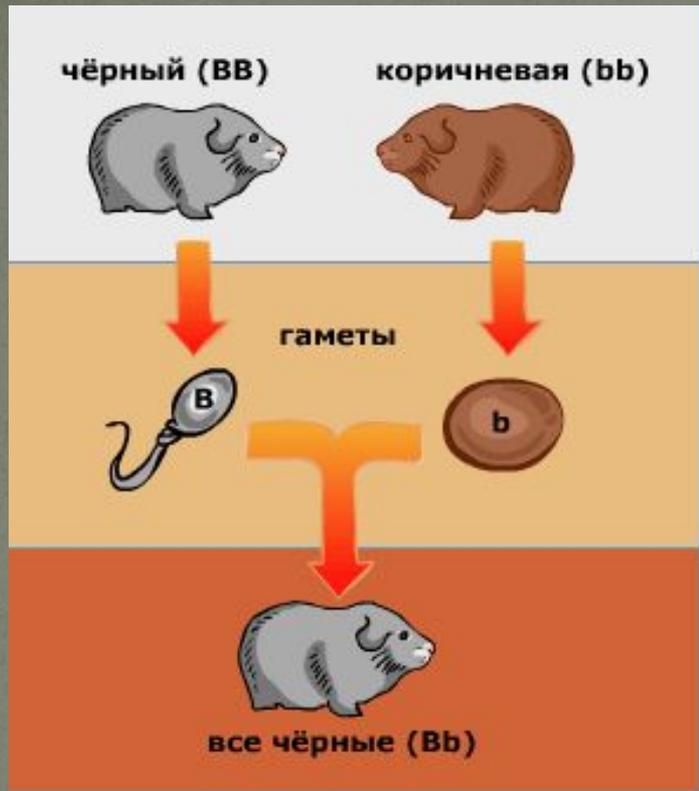


● **Анализирующее скрещивание** — скрещивание гибридной особи с особью, гомозиготной по рецессивным аллелям, то есть "анализатором".

Смысл анализирующего скрещивания заключается в том, что потомки от анализирующего скрещивания обязательно несут один рецессивный аллель от "анализатора", на фоне которого должны проявиться аллели, полученные от анализируемого организма.

Для анализирующего скрещивания (исключая случаи взаимодействия генов) характерно совпадение расщепления по фенотипу с расщеплением по генотипу среди потомков. Таким образом, анализирующее скрещивание позволяет определить генотип и соотношение гамет разного типа, образуемых анализируемой особью.





# Закон независимого наследования

- При скрещивании двух гомозиготных 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 .

**F<sub>1</sub>**



**AaBb**

**X**



**AaBb**

**Р. Пеннет**

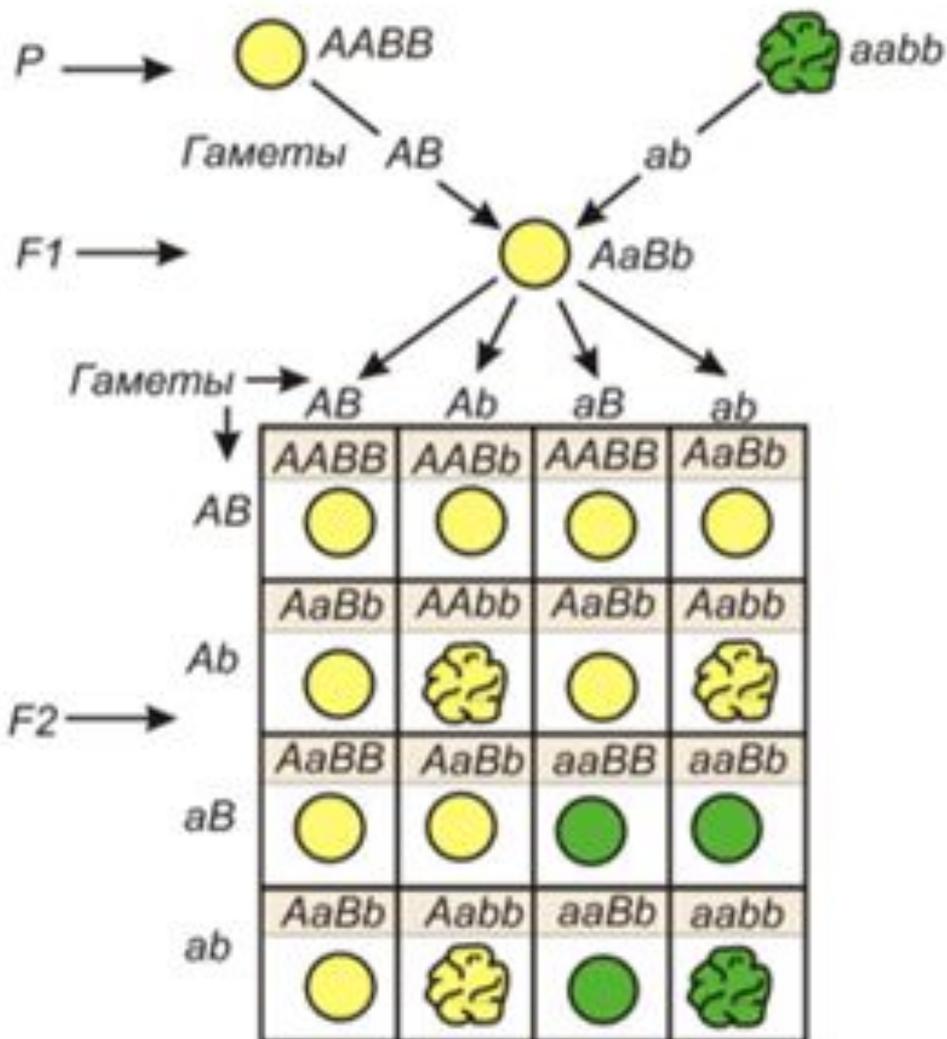


**1875-1967**

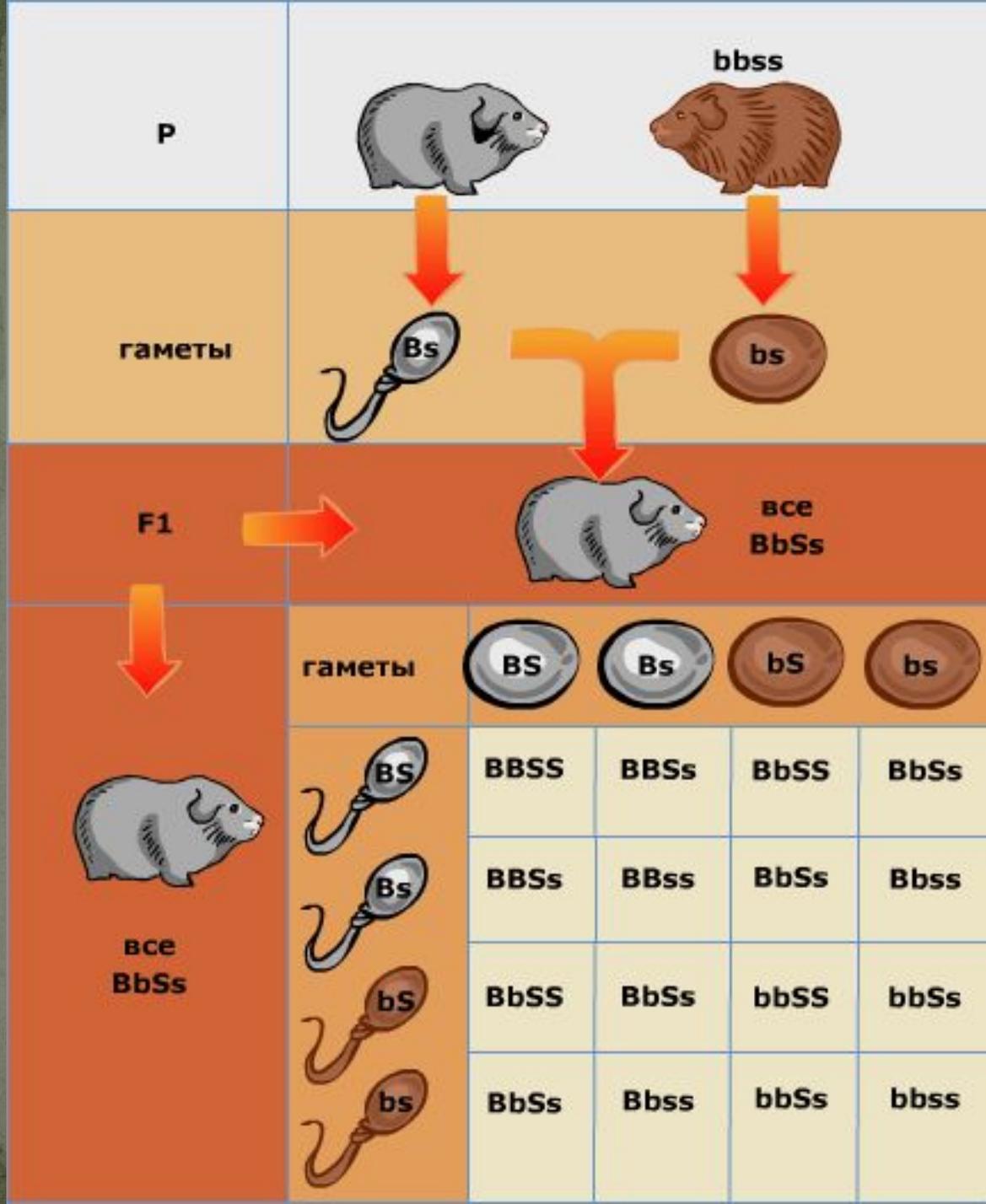
**F<sub>2</sub>**

	<b>AB</b>	<b>Ab</b>	<b>aB</b>	<b>ab</b>
<b>AB</b>				

## Дигибридное скрещивание гороха



Исходные родительские формы отличаются по двум парам аллелей: желтая - зеленая окраска семян (A-a); гладкая - морщинистая форма семян (B-b).



P



X



A – черная масть  
a – красная масть  
b – рогатый скот  
B – комолый скот

AABB

aabb

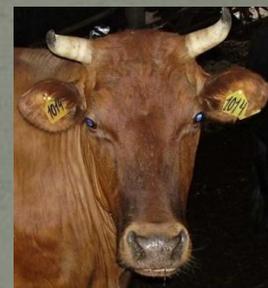
F<sub>1</sub>



9:3:3:1

AaBb

F<sub>2</sub>



AABB и  
AABb и  
AaBB и  
AaBb

Aabb и  
Aabb

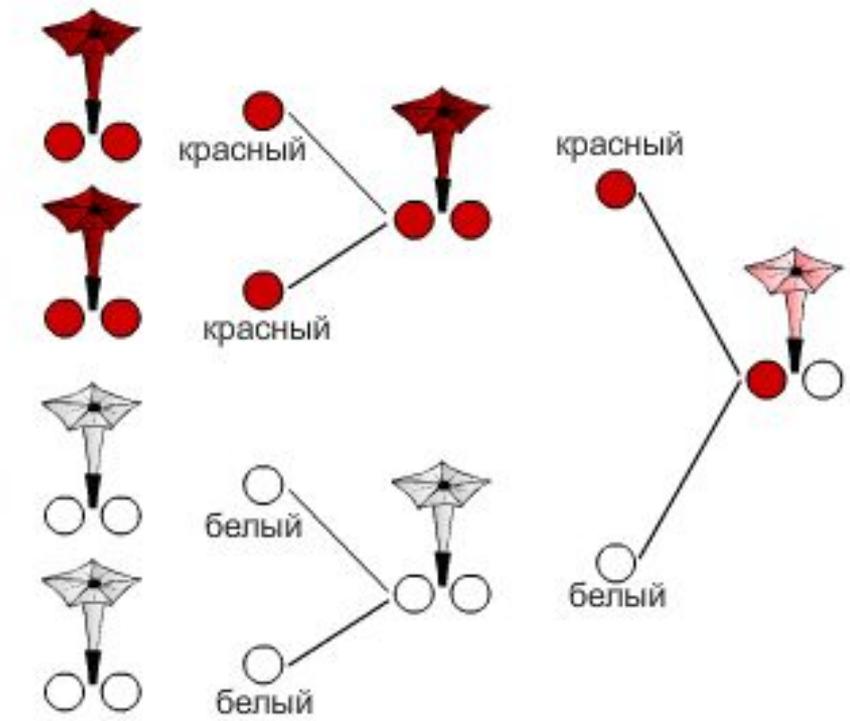
aaBB и  
aaBb

aabb

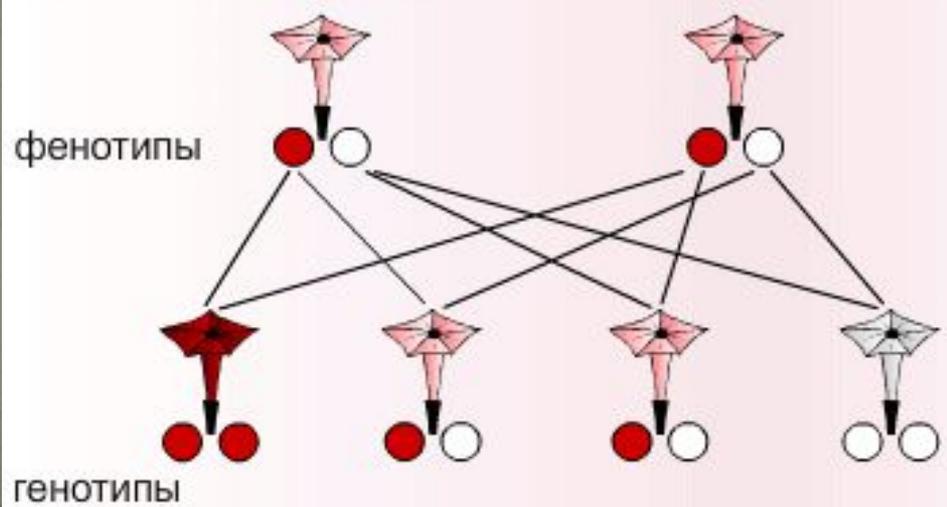
доминирования:

- **Полное доминирование** – явление единообразия всех особей первого поколения по изучаемому признаку.
- **Неполное доминирование** - гетерозиготы имеют фенотип, промежуточный между фенотипами доминантной и рецессивной гомозиготы.
- **Сверхдоминирование** – вид доминирования, при котором и гибридов первого поколения наблюдается более сильное развитие признака, чем у исходных родительских форм.
- **Кодоминирование** – вид доминирования, при котором у гибридов первого поколения проявляются признаки того или иного предка, выраженные в равной степени и независимо друг от друга.





чистые линии      гаметы      гибриды      гаметы      потомство



При неполном доминировании во втором поколении происходит расщепление в отношении 1:2:1

P



X



F<sub>1</sub>



# Основные положения теории наследственности Менделя

- За наследственные признаки отвечают дискретные (отдельные, не смешивающиеся) наследственные факторы — гены (термин «ген» предложен в 1909 г. В.Иоганнсенем)
- Каждый диплоидный организм содержит пару аллелей данного гена, отвечающих за данный признак; один из них получен от отца, другой — от матери.
- Наследственные факторы передаются потомкам через половые клетки. При формировании гамет в каждую из них попадает только по одному аллелю из каждой пары (гаметы «чисты» в том смысле, что не содержат второго аллеля).

# Условия выполнения законов Менделя

- В соответствии с законами Менделя наследуются только моногенные признаки. Если за фенотипический признак отвечает более одного гена (а таких признаков абсолютное большинство), он имеет более сложный характер наследования.
- **Условия выполнения закона независимого наследования**  
Все условия, необходимые для выполнения закона расщепления.  
Расположение генов, отвечающих за изучаемые признаки, в разных парах хромосом (несцепленность).
- **Условия выполнения закона чистоты гамет**  
Нормальный ход мейоза. В результате нерасхождения хромосом в одну гамету могут попасть обе гомологичные хромосомы из пары. В этом случае гамета будет нести по паре аллелей всех генов, которые содержатся в данной паре хромосом.

# Взаимодействие неаллельных генов

- **Аллель** – одна или несколько альтернативных форм гена, расположенная в определенном локусе хромосомы.
- **Аллельные гены** – гены, расположенные в гомологичных хромосомах и занимающие в них одни и те же локусы.
- **Неаллельные гены** – гены, расположенные в негомологичных хромосомах или в гомологичных, но занимающих в них разные локусы.
- **Локус** – участок, или местоположение гена в хромосоме.

# Типы взаимодействия неаллельных генов:

- 1) Комплементарное
- 2) Эпистаз (доминантный и рецессивный)
- 3) Полимерия (аддитивная и неаддитивная)
- 4) Модифицирующее действие генов

P



BBee

X



bbEE

Комплементарное взаимодействие генов

F<sub>1</sub>

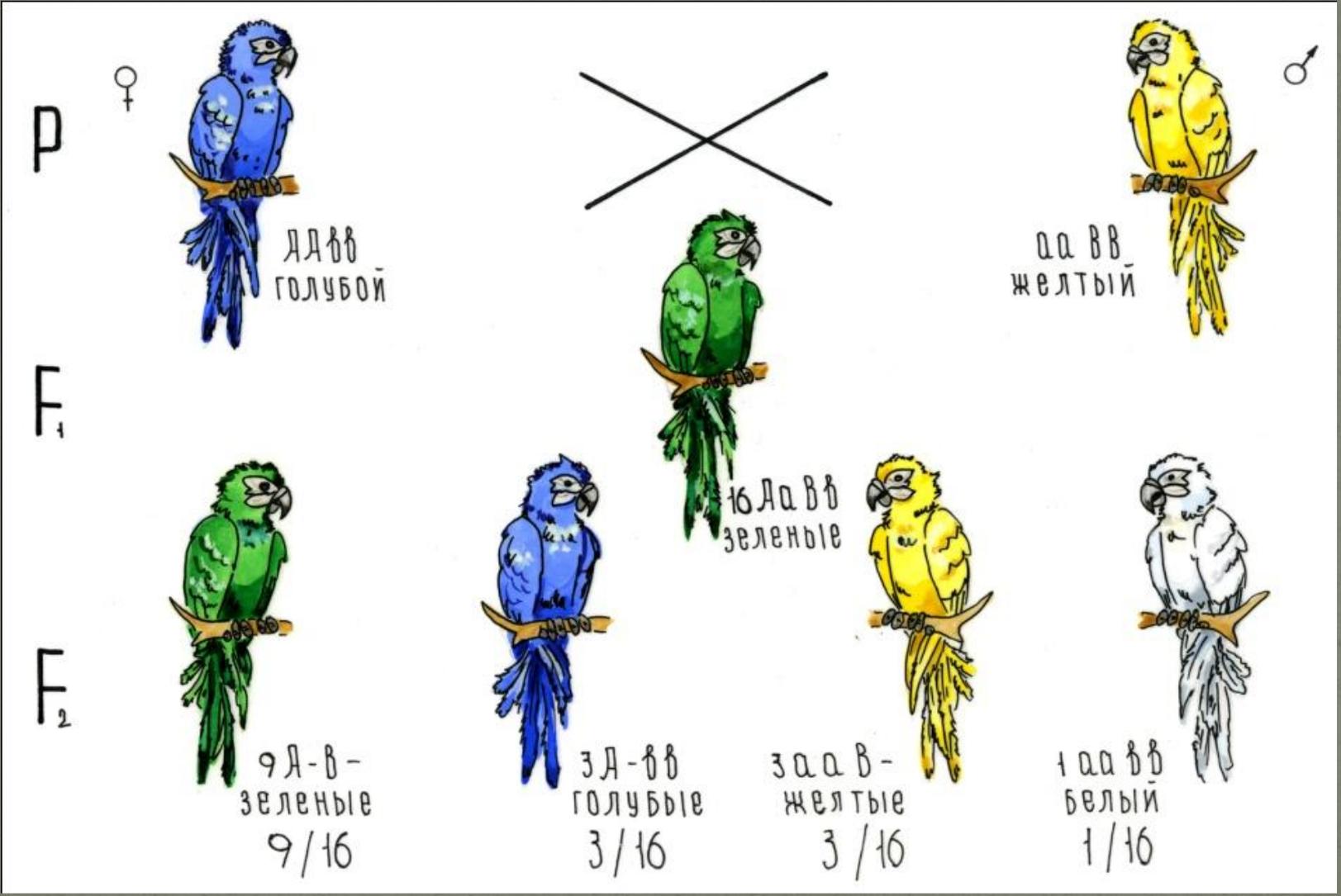


BbEe

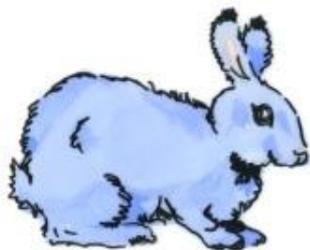
F<sub>2</sub>

	BE	Be	bE	be
BE				

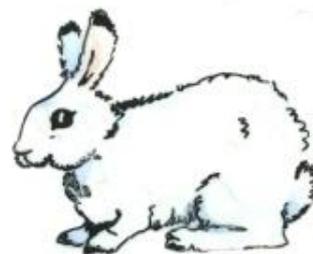
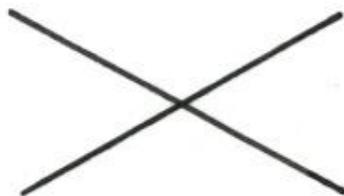
# Комплементарное взаимодействие генов



P



ДД ВВ,  
голубой



аа ВВ  
белый

F<sub>1</sub>



1б Дд Вв,  
черный

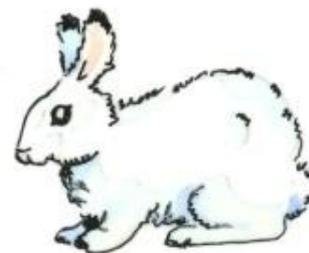
F<sub>2</sub>



9Д-В-  
черные  
9/16



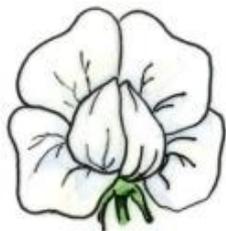
3Д-ВВ  
голубые  
3/16



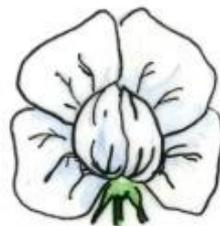
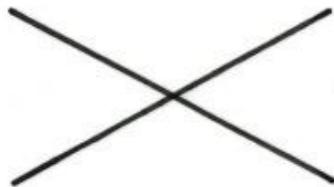
3аа-В, 1аа ВВ  
белый  
4/16

P

♀



DD VV  
белый



♂

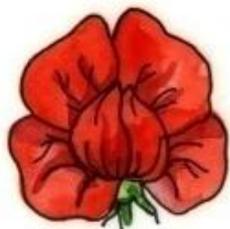
aa VV  
белый

F<sub>1</sub>

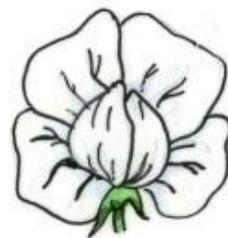


Da Vv  
пурпурный

F<sub>2</sub>



9 D-V-  
пурпурные  
9/16



3 D-VV, 3 aa V-, 1 aa VV  
белые  
7/16

P

♀



DD bb  
сферическая



♂

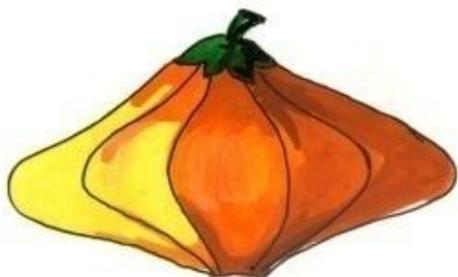
aa bb  
сферическая

F<sub>1</sub>



Da Bb  
дисквидная

F<sub>2</sub>



9 D-b-  
дисквидная  
9/16



3 D-bb, 3 aa B -  
сферическая  
6/16



1 aa bb  
удлиненная  
1/16

# Доминантный эпистаз

P



X



CCbb

ccBB

C – серая масть  
 c – рыжая масть  
 B – воронная масть  
 b – рыжая масть

F<sub>1</sub>



CcBb

12:3:1

F<sub>2</sub>

	CB	Cb	cB	cb
CB				

# Рецессивный эпистаз

P



AAbb

X



aaBB

F<sub>1</sub>



AaBb

F<sub>2</sub>

AB



9/16

Abb



3/16

aa

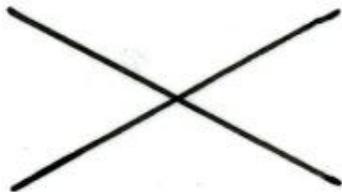


4/16

P



aa ii  
КОРИЧНЕВЫЙ



AA JJ  
БЕЛЫЙ

F<sub>1</sub>



16 Aa Jj  
БЕЛЫЙ

F<sub>2</sub>



9 A-J-, 3 aa J-  
БЕЛЫЕ  
12/16



3 A-ii  
ЧЕРНЫЕ  
3/16



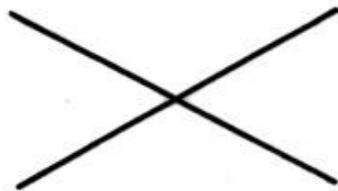
1 aa ii  
КОРИЧНЕВАЯ  
1/16

P

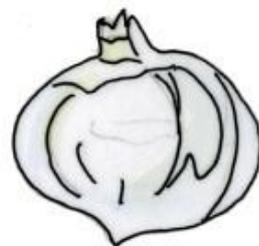
♀



ДД JJ  
БЕЛЫЙ



♂



аа ii  
БЕЛЫЙ

F<sub>1</sub>



16 ДА Ji  
БЕЛЫЕ

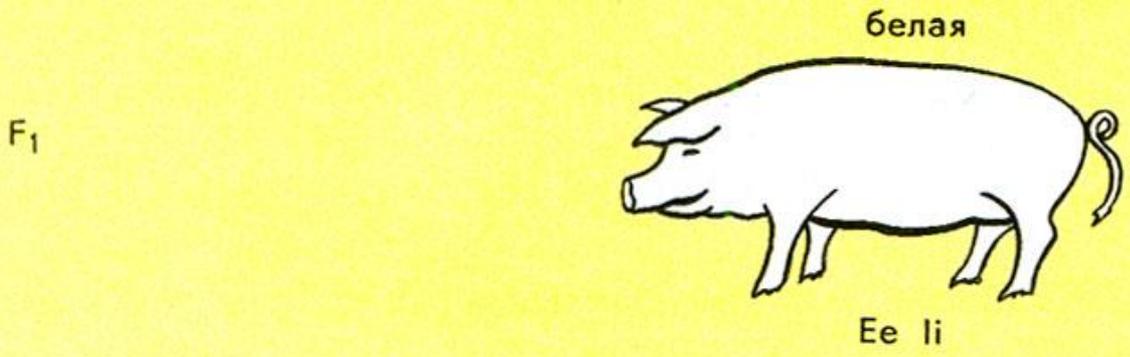
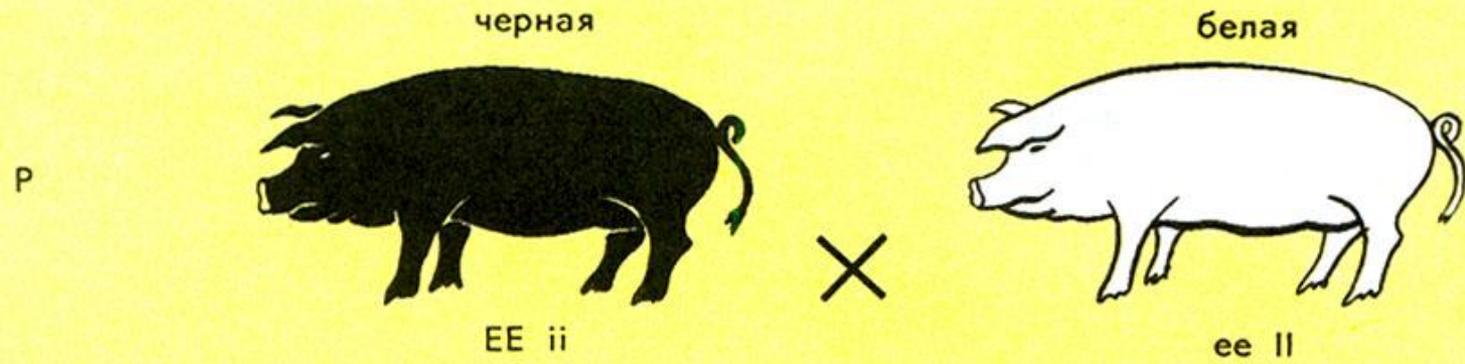
F<sub>2</sub>



9 Д-Д-, 3ааД-, 1ааii  
БЕЛЫЙ  
13/16



3 Д-ii  
ОКРАШЕННЫЙ  
3/16



# Аддитивная полимерия (суммирующая)

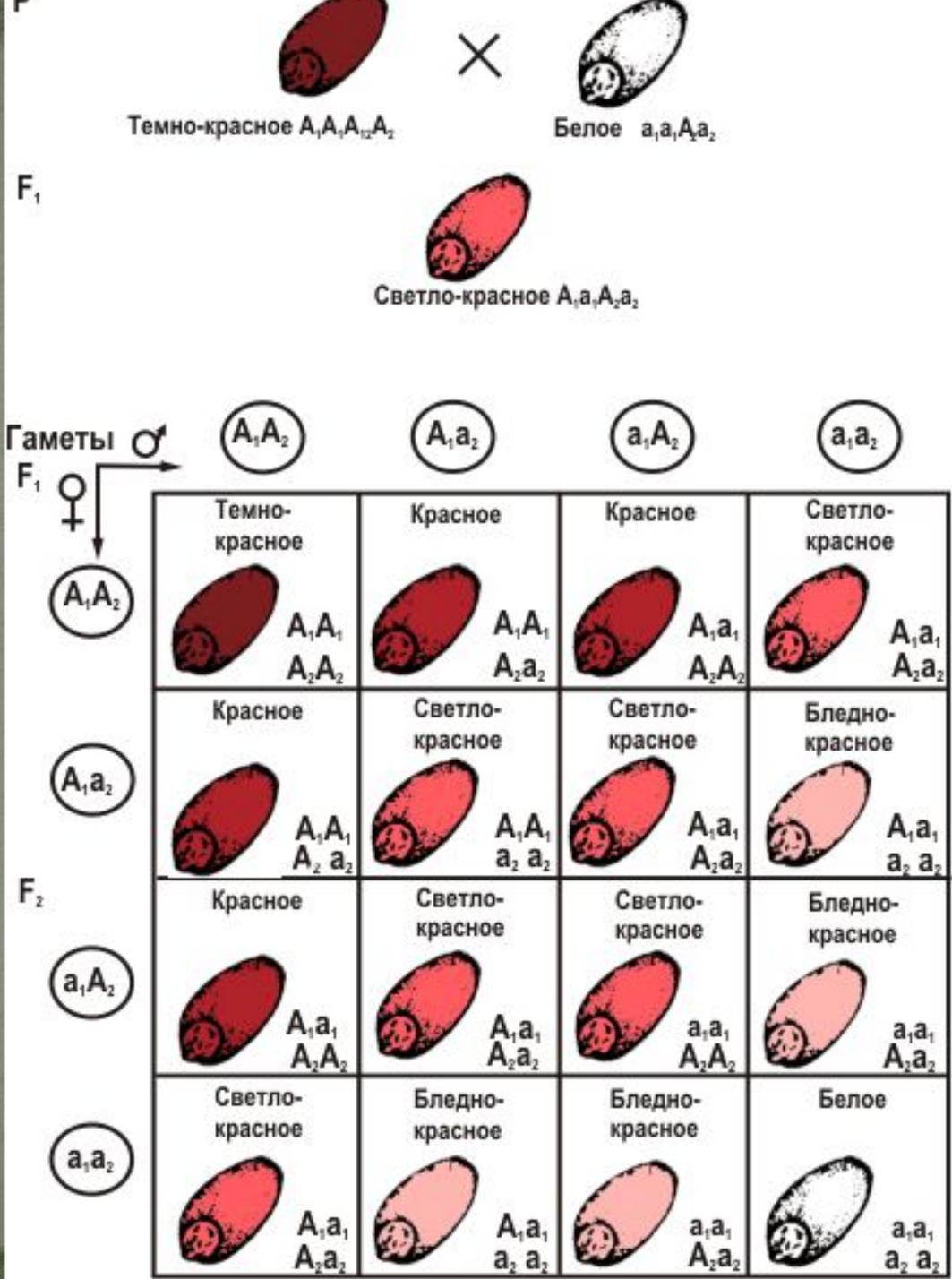
взаимодействие неаллельных генов, при котором

интенсивность проявления

признака зависит от общего числа доминантных аллелей в генотипе:

чем больше доминантных аллелей, тем ярче признак.

15:1



# Неаддитивная полимерия

P



$A_1A_1A_2A_2$

X



$a_1a_1a_2a_2$

F<sub>1</sub>



$A_1a_1A_2a_1$

$A_1---$  и  $-A_2-$

$a_1a_1a_2a_2$

F<sub>2</sub>

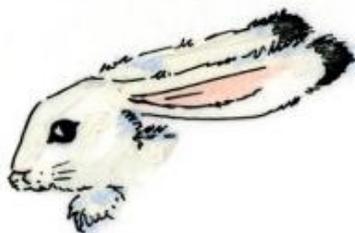


15/16

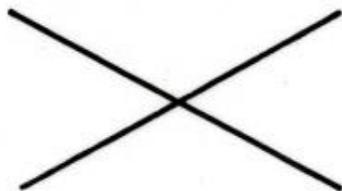


1/16

P



$A_1 A_1 A_2 A_2$



$a_1 a_1 a_2 a_2$

F<sub>1</sub>



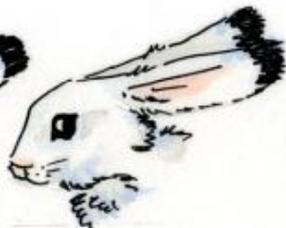
$A_1 a_1 A_2 a_2$

F<sub>2</sub>



$A_1 A_1 A_2 A_2$

1/16



2  $A_1 A_1 A_2 a_2$   
2  $A_1 a_1 A_2 A_2$

4/16



4  $A_1 a_1 A_2 a_2$   
1  $A_1 A_1 a_2 a_2$   
1  $a_1 a_1 A_2 A_2$

6/16



2  $A_1 a_1 a_2 a_2$   
2  $a_1 a_1 A_2 a_2$

4/16



$a_1 a_1 a_2 a_2$

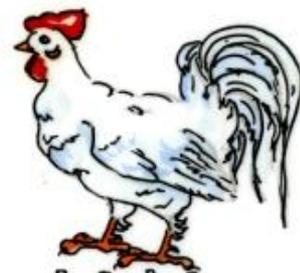
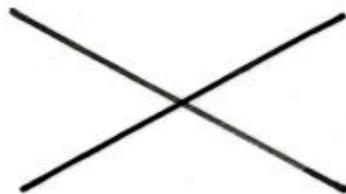
1/16

P

♀



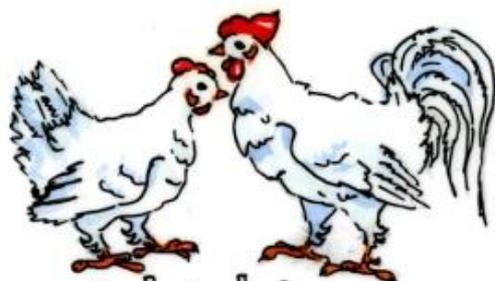
$a_1 a_1 a_2 a_2$   
неоперенная



♂

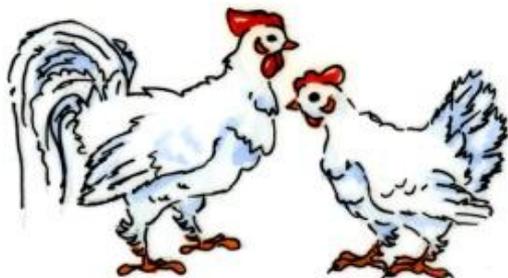
$A_1 A_1 A_2 A_2$ ,  
оперенный

F<sub>1</sub>

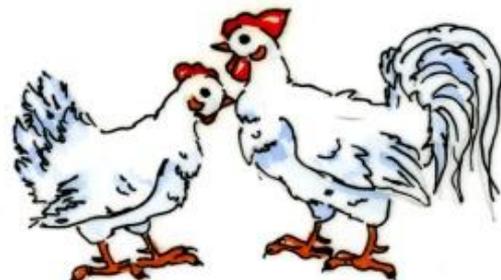


16  $A_1 a_1 A_2 a_2$   
оперенные

F<sub>2</sub>



9  $A_1 A_2^-$ , 3  $A_1 a_2 a_2$ , 3  $a_1 a_1 A_2^-$   
оперенные  
15 / 16



1  $a_1 a_1 a_2 a_2$   
неоперенные  
1 / 16

# Модифицирующее действие генов



Спасибо за  
внимание!