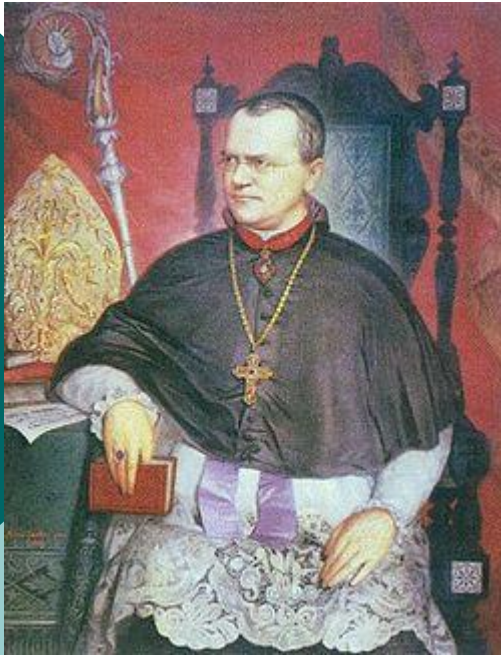




---

**ЗАКОНОМЕРНОСТИ  
НАСЛЕДОВАНИЯ ПРИЗНАКОВ.**



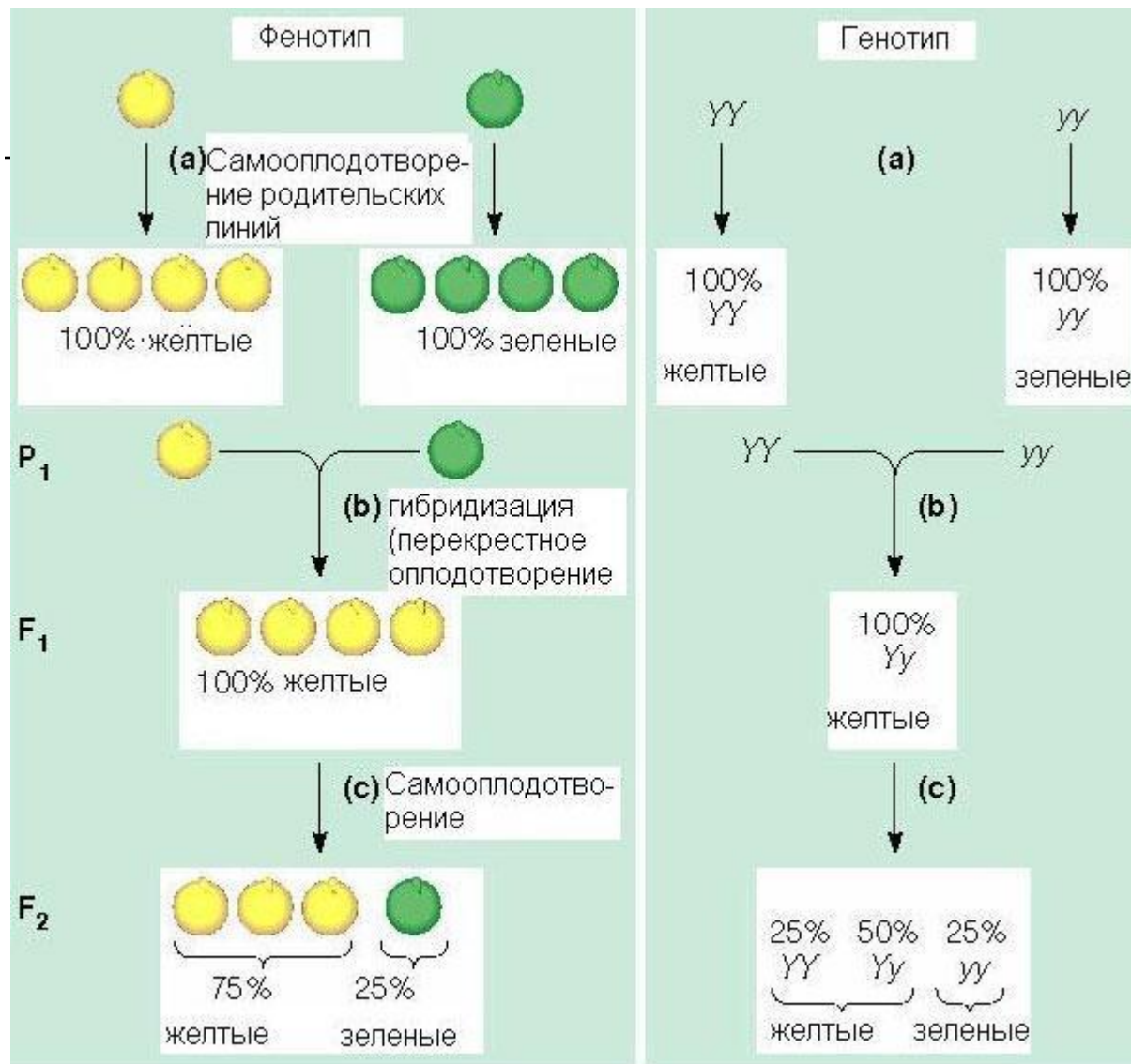
**Начало развития генетики относится к концу 18- началу 19 века.**

**Основоположник – Г. Мендель.**

**Генетика изучает наследственность и изменчивость.**

**Основные закономерности наследования были открыты Менделем и сформулированы им в 1865 году в работе «Опыты над растительными гибридами».**

**Годом рождения генетики считают 1900 год. Законы Менделя были переоткрыты независимо де Фризом, К. Корренсом и Э. Чермаком. Т. Морган в 1911 году описал явление сцепления генов, различные виды их взаимодействия, оказывающие существенное влияние на процесс реализации наследственной информации.**





---

Признаки, которые наследуются в соответствии с законами Менделя – менделирующие.

***Скрещивание по одной паре альтернативных признаков – моногибридное.***

***1 правило единообразия гибридов первого поколения (правило доминирования).***

При скрещивании гомозиготных организмов, различающихся по одной паре альтернативных признаков, все потомство будет единообразным как по фенотипу, так и по генотипу.

***2 правило расщепления признаков во втором гибридном поколении.***

При скрещивании двух гетерозиготных организмов в потомстве наблюдается расщепление в соответствии 3:1 по фенотипу и 1:2:1 по генотипу.



---

***Дигибридное скрещивание. Правило независимого комбинирования признаков.***

При скрещивании гомозиготных организмов, анализируемым по двум или более парам альтернативных признаков, во втором поколении наблюдается независимое комбинирование признаков и соответствующих им генов разных аллельных пар при условии, что гены, контролирующие эти признаки, локализованы в разных парах гомологичных хромосом.

---

Близорукость – А

Нормальное зрение – а

Праворукость – В

Леворукость – в

P ♀ AABV x ♂ aавв

G АВ ав

F1 AaBv

---

P (F1) ♀ AaBb x ♂ AaBb  
G      AB Ab                      AB Ab  
         aB ab                      aB ab

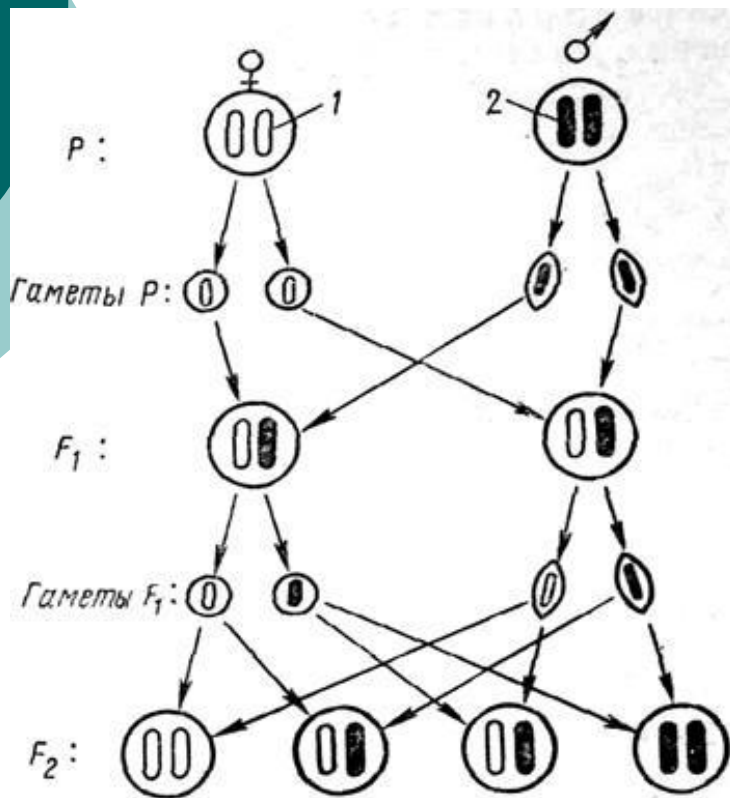
F2

9A-B- (AABB, AaBB, AaBb, AABb) – близорукие,  
праворукие

3 A-bb (AAbb, Aabb) –  
близорукие, леворукие

3 aa-B (aaBB, aaBb) –  
нормальное зрение, праворукие

1 aabb – нормальное зрение, леворукие.



Для объяснения результатов, полученных Менделем, У.

**Бэтсон в 1902 году предложил гипотезу «чистоты гамет».**

1. У гибридного организма гены не смешиваются, а находятся в чистом аллельном состоянии.
2. Вследствие расхождения гомологичных хромосом и хроматид при мейозе из каждой пары аллелей в гамету попадает только 1 ген.



# **Условия проявления законов Менделя:**

---

1. гены разных аллельных пар должны находиться в разных хромосомах.
2. между генами не должно быть сцепления и взаимодействия (кроме полного доминирования).
3. должна быть равная вероятность образования гамет и зигот разного типа и равная выживаемость организмов с разными генотипами (не должно быть летальных генов).
4. должна быть 100% пенетрантность гена, отсутствовать плеiotропное действие и мутации.

# *Ген как функциональная единица генома, его свойства.*

---

В генетике **ген** – это участок хромосомы, определяющий развитие одного или нескольких признаков.

Фенотипический признак (**фен**) – любое отдельное качество или свойство, по которому один индивид отличается от другого:

1. морфологические (цвет глаз).
2. биохимические (уровень активности какого-либо фермента).
3. физиологические (глухота, слепота).
4. биофизические (антиоксидантная система).
5. иммунологические (состояние иммунной системы).


# Ген в отношении фена имеет свойства:

---

1. **Дискретность** – в своей активности ген обособлен относительно других генов. Разные признаки характеризуются разными генами.

2. **Специфичность** – ген отвечает за формирование определенного признака или группы определенных признаков.

**НО:** Множественное действие генов – плейотропное действие.




---

3. **Градуальность (дозированность)** действия гена, т.е. степень проявления признака зависит от дозы аллеля (ночная красавица, синдром Дауна).

4. Разные гены могут влиять на формирование 1 признака – это полигены (у человека пигменты кожи).

5. **Стабильность действия генов**, которая обеспечивает видовое постоянство признаков в ряду поколений. Стабильность относительна.



---

6. **Мутабельность** – способность генов к мутациям, которая проявляется в наличии у генов 2х или более аллельных состояний.

**Множественный аллелизм** – состояние, когда ген представлен двумя и более аллелями.

# наследование окраски шерсти у кроликов:

---

серые (A) > шиншилловые (A<sup>ch</sup>) > горностаевые (A<sup>h</sup>) > белые (a)  
– это **ряд доминирования**. В генотипе может присутствовать только 2 аллеля.


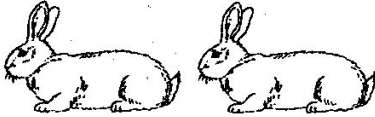



Скрещивания	Фенотипы потомства	Генотипы родителей
 Нормальный × нормальный	Все нормальные 3 нормальные: 1 шиншилла 3 нормальные: 1 гималайский 3 нормальные: 1 белый	$C_1C_1 \times C_1C_1$ $C_1C_2 \times C_1C_2$ $C_1C_3 \times C_1C_3$ $C_1C_4 \times C_1C_4$
 Белый × белый	Все белые	$C_4C_4 \times C_4C_4$
 Белый × гималайский	Все гималайские 1 гималайский: 1 белый	$C_4C_4 \times C_4C_4$ $C_4C_4 \times C_4C_4$
 Шиншилла × белый	Все шиншилла 1 шиншилла: 1 белый	$C_2C_2 \times C_4C_4$ $C_2C_4 \times C_4C_4$
 Гималайский × шиншилла	Все шиншилла 1 шиншилла: 1 гималайский 2 шиншилла: 1 гималайский 1 белый	$C_3C_3 \times C_2C_2$ $C_3C_3 \times C_2C_3$ $C_3C_4 \times C_2C_4$

Рис. 125


*Генетический контроль окраски шерстного покрова у кроликов*

**Серые:  $AA$ ,  $AA^{ch}$ ,  $AA^h$ ,  $Aa$ .**

**Шиншилловые:  $A^{ch}A^{ch}$ ,  $A^{ch}A^h$ ,  $A^{ch}a$ .**

**Гималайские (горностаевые):  $A^hA^h$ ,  $A^ha$ .**

**Белые:  $aa$ .**




---

У человека пример  
множественного аллелизма -  
**наследование групп крови  
системы АВО**. Группы крови  
отличаются наличием антигенов  
на поверхности эритроцитов и  
антител в сыворотке.



# Наследование групп крови системы АВО

	<b>I группа крови</b>	<b>II гр. крови</b>	<b>III гр. крови</b>	<b>IV гр. крови</b>
<b>Антигены в эритроцитах</b>	-	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>A, B</b>
<b>Антитела в сыворотке</b>	<b>α, β</b>	<b>β</b>	<b>α</b>	-
<b>Ген</b>	<b>I<sup>0</sup></b>	<b>I<sup>A</sup></b>	<b>I<sup>B</sup></b>	<b>I<sup>A</sup>, I<sup>B</sup></b>
<b>Генотип</b>	<b>I<sup>0</sup> I<sup>0</sup></b>	<b>I<sup>A</sup> I<sup>A</sup>    I<sup>A</sup> I<sup>0</sup></b>	<b>I<sup>B</sup>I<sup>B</sup>    I<sup>B</sup> I<sup>0</sup></b>	<b>I<sup>A</sup> I<sup>B</sup></b>



---

7. Гены могут обладать разной **пенетрантностью** – степенью фенотипического проявления гена.

# Взаимодействие генов в системе генотипа.

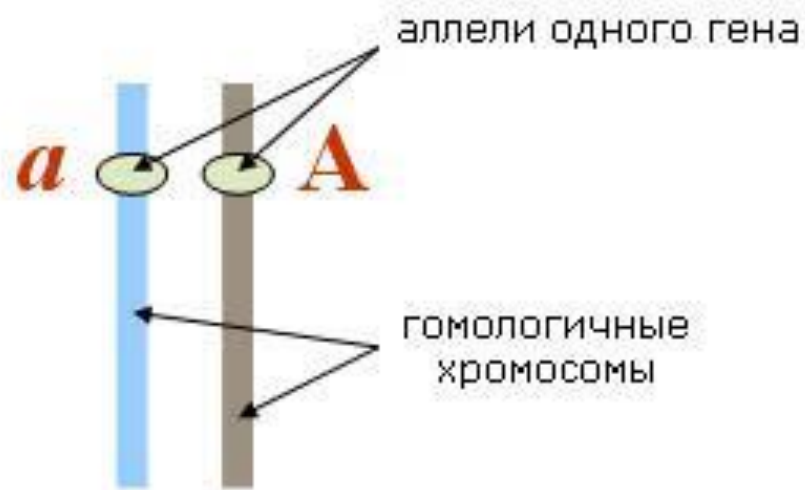
---

а) **межаллельные (между аллельными генами):**

доминирование,  
неполное доминирование,  
кодминирование,  
аллельные исключения,

б) **межгенные (между неаллельными генами):**

комплементарность,  
эпистаз,  
полимерия,  
эффект положения гена.



---

Гены,  
расположенные в  
одинаковых локусах  
гомологичных  
хромосом –  
**аллельные гены.**



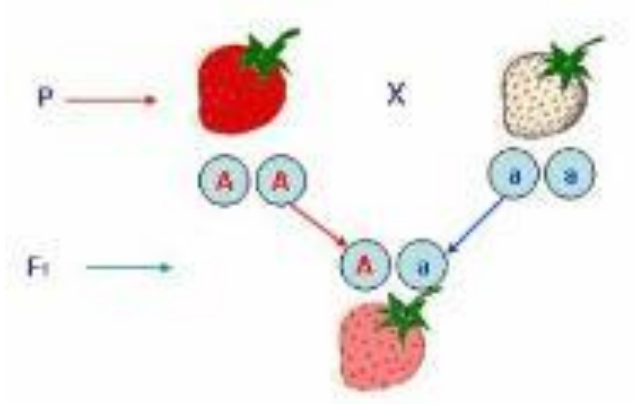
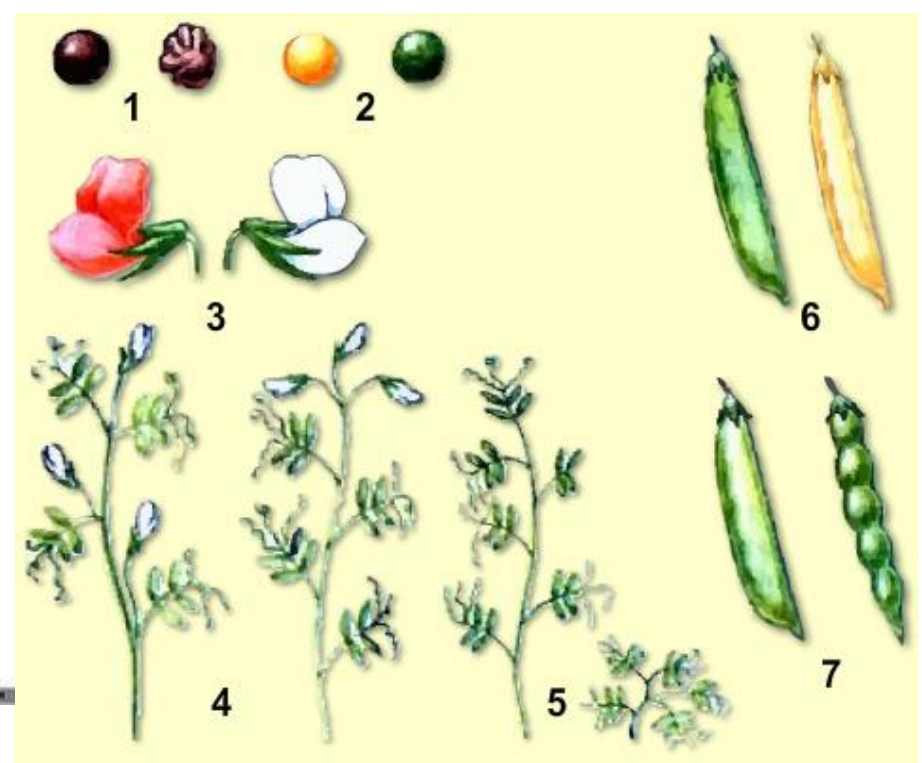
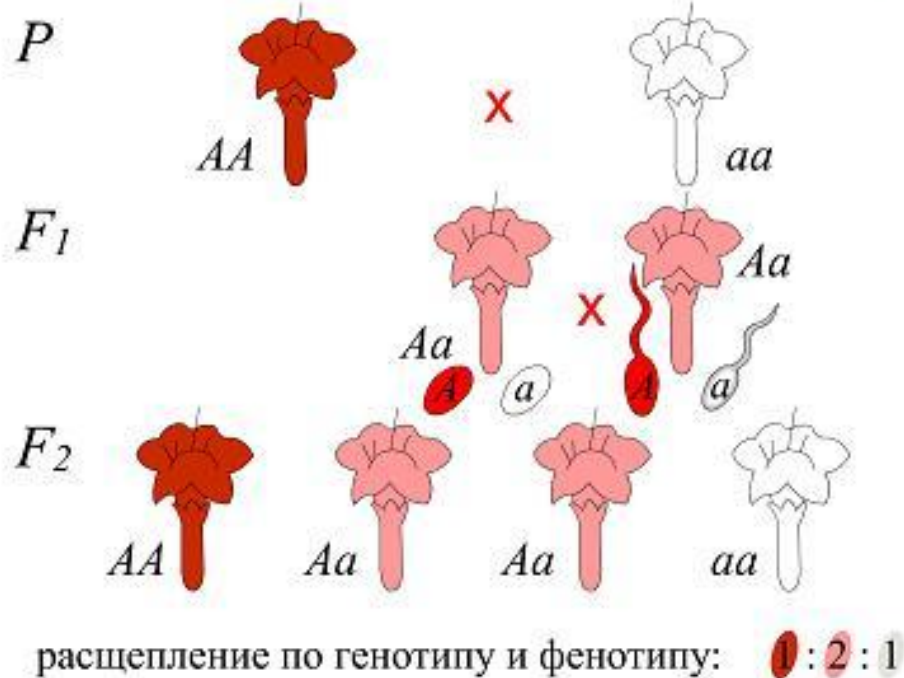
---

## ***1. Полное доминирование.***

Доминантный аллель полностью подавляет проявление рецессивного (у человека – цвет глаз, карие доминируют над зелеными).

## ***2. Неполное доминирование (промежуточное наследование).***

Доминантный аллель не полностью подавляет проявление рецессивного аллеля. Гетерозиготы при этом имеют собственный признак.





---

### ***3. Кодоминирование.***

Оба аллеля проявляют одинаковую функциональную активность (IV группа крови у человека).

**I<sup>A</sup> I<sup>B</sup>**

	<b>I группа крови</b>	<b>II гр. крови</b>	<b>III гр. крови</b>	<b>IV гр. крови</b>
<b>Антигены в эритроцитах</b>	-	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>A, B</b>
<b>Антитела в сыворотке</b>	<b>α, β</b>	<b>β</b>	<b>α</b>	-
<b>Ген</b>	<b>I<sup>0</sup></b>	<b>I<sup>A</sup></b>	<b>I<sup>B</sup></b>	<b>I<sup>A</sup>, I<sup>B</sup></b>
<b>Генотип</b>	<b>I<sup>0</sup> I<sup>0</sup></b>	<b>I<sup>A</sup> I<sup>A</sup>    I<sup>A</sup> I<sup>0</sup></b>	<b>I<sup>B</sup> I<sup>B</sup>    I<sup>B</sup> I<sup>0</sup></b>	<b>I<sup>A</sup> I<sup>B</sup></b>



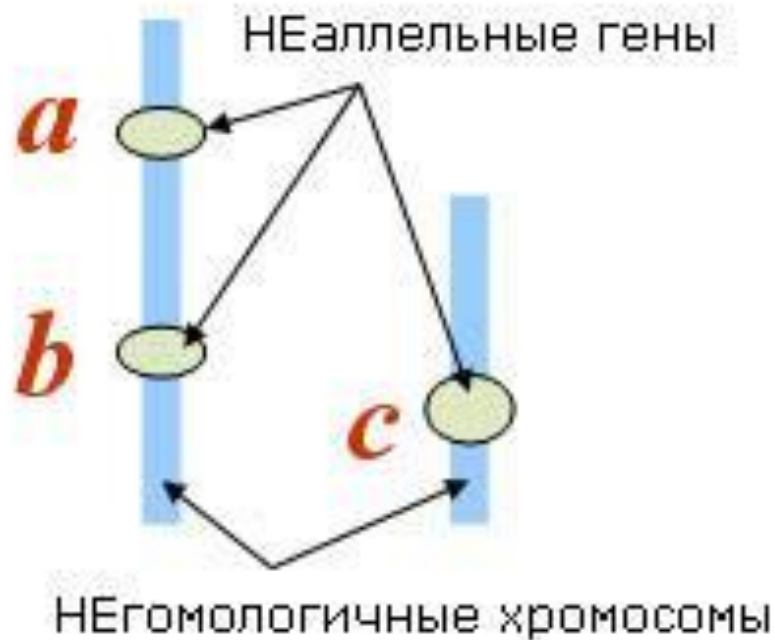


## ***Аллельные исключения.***

---

Один из аллелей переходит в неактивное состояние.

Например, X-хромосома у женщин.




**Неаллельные гены** – гены, которые расположены в разных локусах гомологичных хромосом или в негомологичных хромосомах.

## ***Комплементарность.***

---

Форма взаимодействия неаллельных свободно-комбинирующихся генов, при котором **совместное присутствие в генотипе 2х доминантных неаллельных генов обуславливает формирование нового варианта признака. При отсутствии одного из них или обоих, признак не воспроизводится.**



---

Явление впервые обнаружено при  
исследовании окраски венчика у  
душистого горошка.

Ген В отвечает за формирование  
пропигмента.

Ген А отвечает за ферментативный  
переход пропигмента в пигмент.

Белая окраска – А или В, ав.

Пурпурная окраска – АВ.

$P$

$AAbb$



$\times$



$aaBB$

$F_1$

$AaBb$



P ♀ AABb x ♂ aaBB

G Av aB

F1 AaBb пурпурные

P (F1) ♀ AaBb x ♂ AaBb

G AB Ab AB Ab

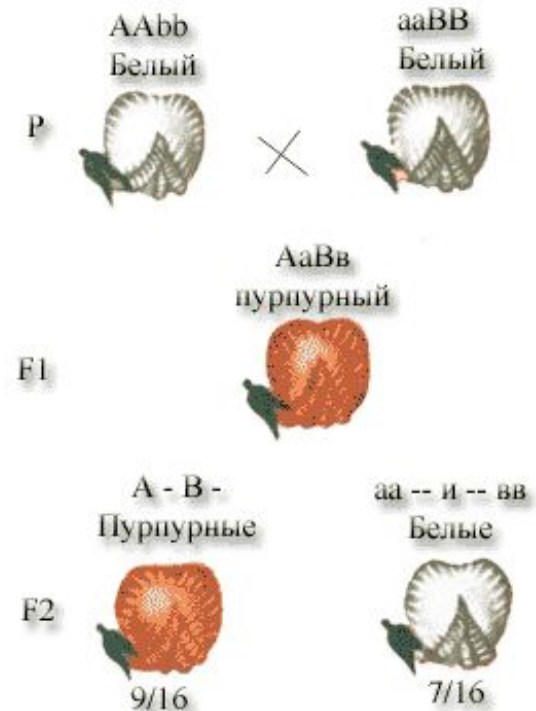
aB ab aB ab

F2: 9AB : 3Ab : 3aB : 1ab

пурп белые

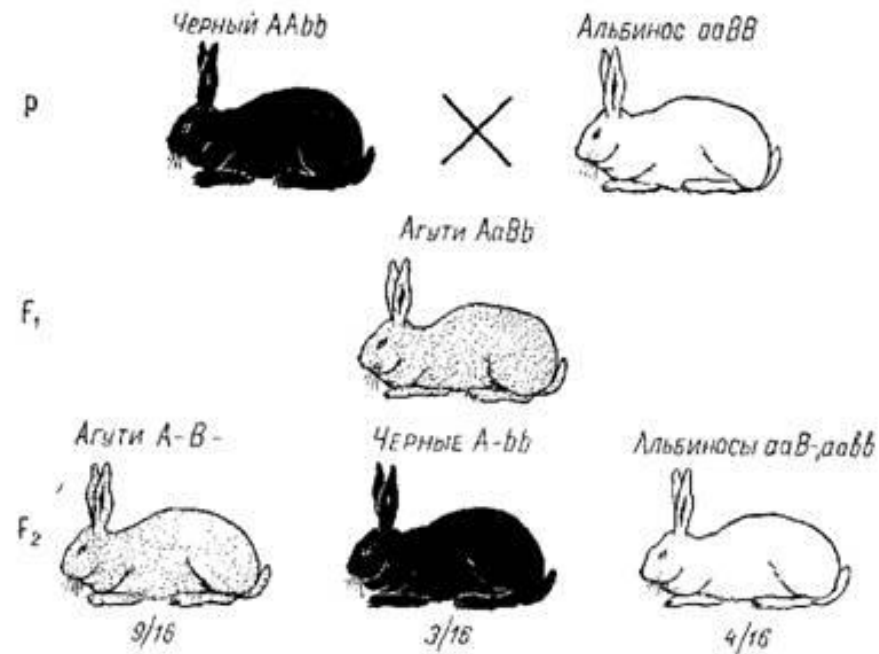
расщепление по генотипу

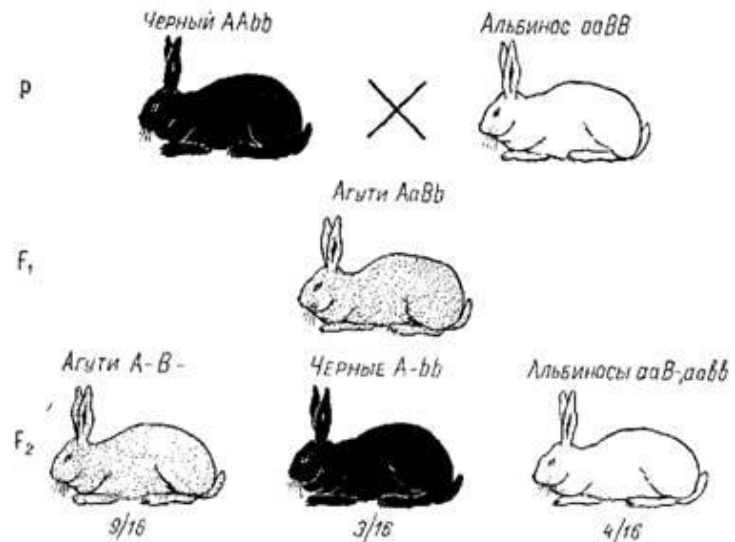
9:7



наследование пигментации  
шерсти у кроликов и  
мышей:

наличие пигментации – С  
отсутствие пигментации – с  
распределение пигмента в  
виде колец – А  
сплошное распределение  
пигмента – а





P ♀ CcAa × ♂ ccAA

Черные    белые

G    Ca                    cA

F1 CcAa серые

P (F1) ♀ CcAa × ♂ CcAa

F2 9CA : 3Ca : 3cA : 1ca

С            ч            б            б

9 серые : 3 черные : 4 белые —  
расщепление по  
фенотипу.

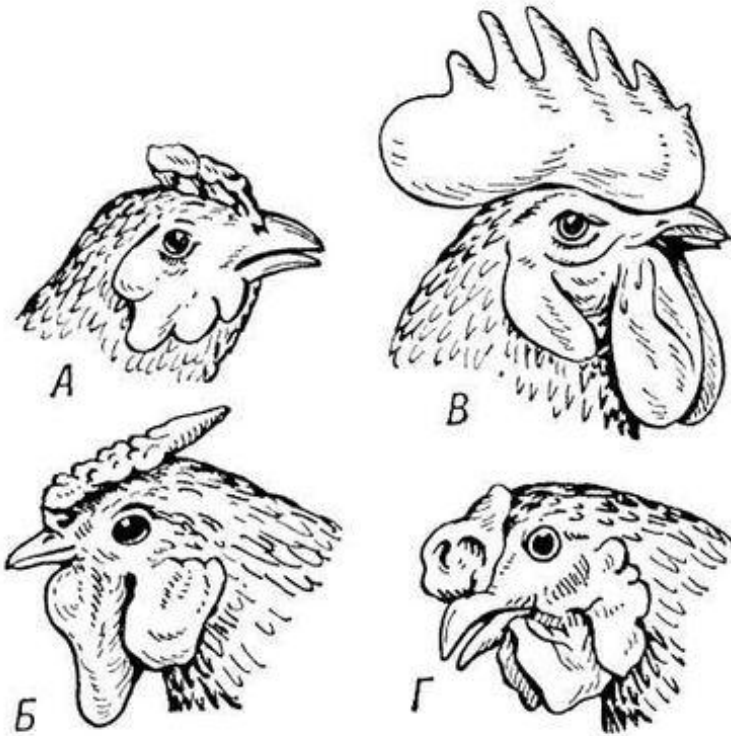
AaBb X AaBb

	AB	Ab	aB	ab	
AB	AABB 	AABb 	AaBB 	AaBb 	9 agouti
Ab	AABb 	AAbb 	AaBb 	Aabb 	
aB	AaBB 	AaBb 	aaBB 	aaBb 	4 albino
ab	AaBb 	Aabb 	aaBb 	aabb 	



**А — гороховидный; Б — розовидный; В —  
листовидный;  
Г — ореховидный.**

---



**Наследование  
формы гребня у  
кур.**

Розовидный - R

Гороховидный - P

Ореховидный - RP

Листовидный - rp

**А — гороховидный; Б — розовидный; В — листовидный;  
Г — ореховидный.**

**9:3:3:1**

P ♀ RRpp x ♂ rrPP

роз гор

G Rp rP

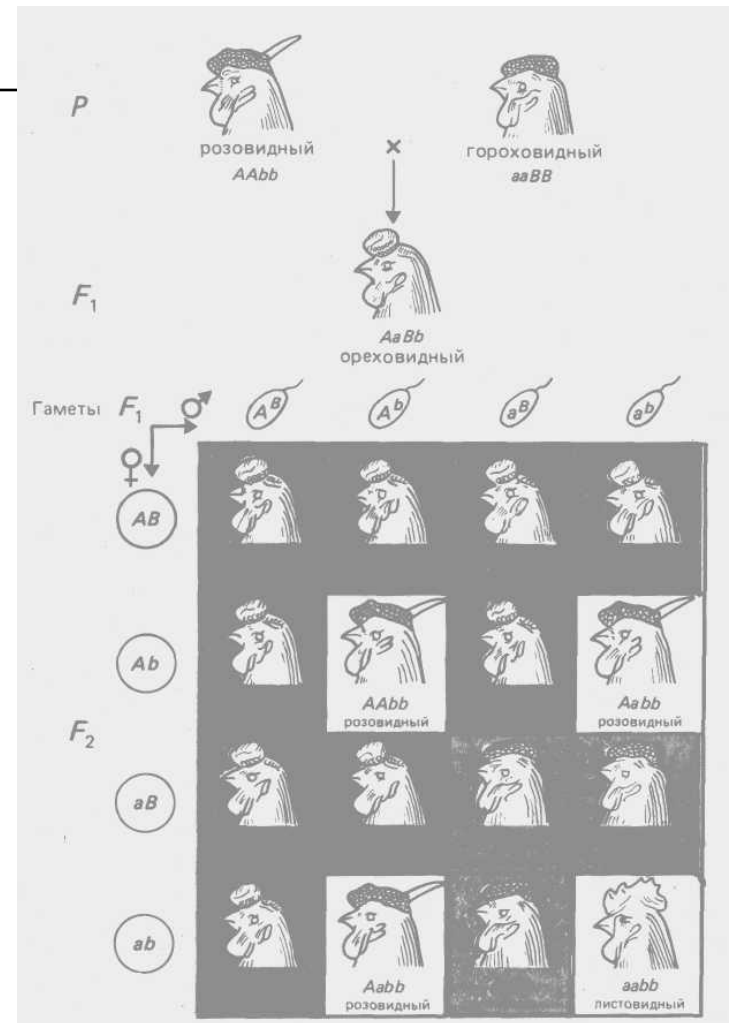
F1 RrPp ореховидный

P (F1) ♀ RrPp x ♂ RrPp

F2 9RP : 3Rp : 3rP : 1rp

Op роз гор лист

**9:3:3:1**

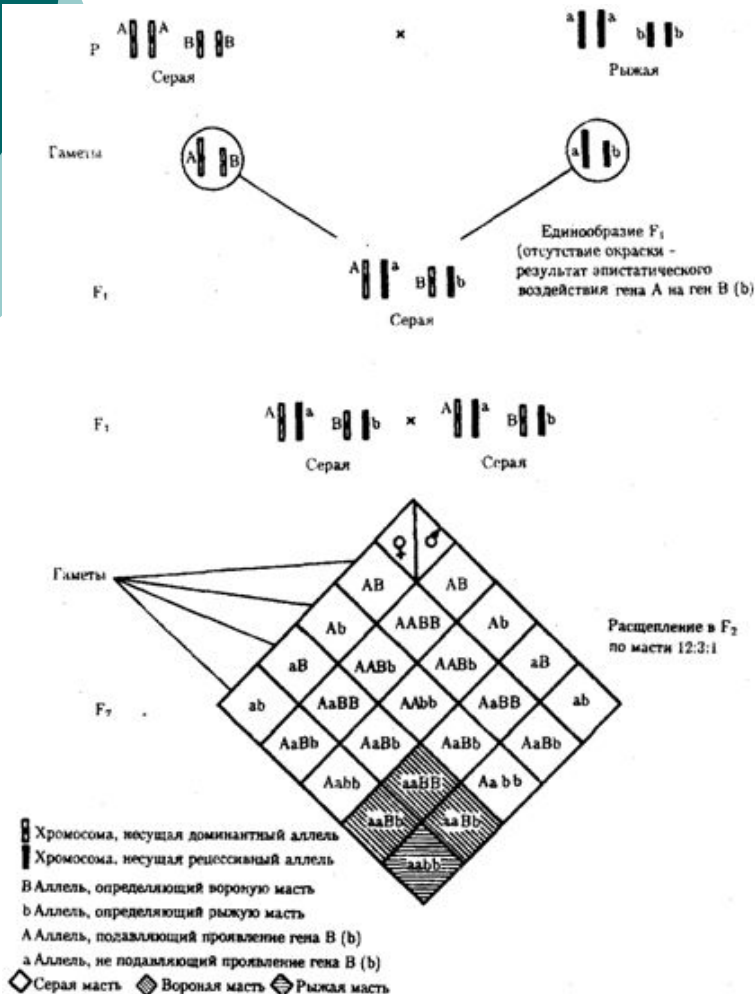


## **Эпистаз.**

---

Форма взаимодействия неаллельных свободно-комбинирующихся генов, при которой один ген (эпистатический, супрессор, ингибитор, подавитель) **подавляет** функциональную активность другого (гипостатического) гена.

# Доминантный эпистаз.



Наследование масти у лошадей.

Серая масть – С, она эпистатирует над другой мастью.

Вороная (черная) масть – В.

Рыжая масть – с, в.

$\text{C} > \text{V}$  – условие эпистаза.

---

P ♀ ССВВ x ♂ ссВВ

серая вороная

G Св сВ

F1 СсВв серая

P (F1) ♀ СсВв x ♂ СсВв

F2 9СВ : 3Св : 3сВ : 1св - по генотипу

Сер сер черн рыжие

12 : 3 : 1 – по фенотипу.

P ♀ CC ii x ♂ cc II  
окрашен белый

G C i c I

F1 Cc Ii белые

P (F1) ♀ CcIi x ♂ CcIi

F2 9CI : 3Ci : 3cI : 1ci  
Бел окраш белые

13 : 3 – по фенотипу.

Наследование окраски  
оперения у кур.

Окрашенное оперение  
– C.

Белые – c.

Ген I- подавляет  
проявление окраски,  
i- не подавляет  
окраску.

I > C

## *Рецессивный эпистаз.*


---

Ген – супрессор является рецессивным и может проявляться только в гомозиготном состоянии.

Пример – наследование бомбейской группы крови. Впервые это явление было обнаружено в Бомбее.

Встречается у индусов с частотой 1:13000, у европейцев намного реже.

В 1956 году индийский гематолог Бхенде расшифровал молекулярный механизм этого феномена.



---


Отвечающий за формирование признака ген  $I$  обеспечивает синтез антигенов  $A$  и  $B$ , фиксирующихся на поверхности эритроцитов. Однако для синтеза антигенов  $A$  и  $B$  необходимо образование неспецифического предшественника, который контролируется доминантным геном  $H$ . У гомозигот по рецессивному аллелю даже при наличии в генотипе аллелей  $IA$  или  $IB$  или обоих сразу антигены  $A$  и  $B$  не образуются и фенотипически эти люди имеют первую группу крови. Такая ситуация характерна для бомбейского феномена, описанного впервые в семье, где у женщины 1 группа крови, а у мужчины 3 группа, родился ребенок с 4 группой крови. Очевидно, что фенотип женщины был обусловлен не проявлением в генотипе имеющегося аллеля  $IA$ , связано с его гомозиготностью по рецессивному аллелю  $hh$ .



# *Полимерия.*

---

Это форма взаимодействия неаллельных свободно-комбинирующихся генов, при которой **за формирование одного признака отвечает несколько неаллельных генов.** Впервые описал в 1901 году Нильсон при изучении наследования окраски зерен у твердых сортов пшеницы (у человека наследуется пигментация кожи, рост).



---

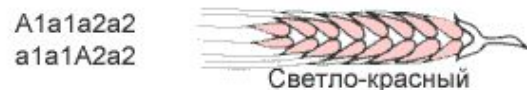
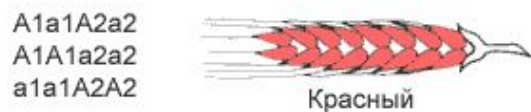
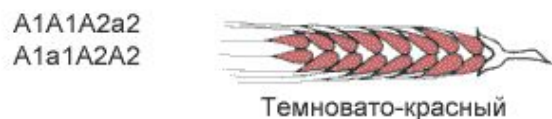
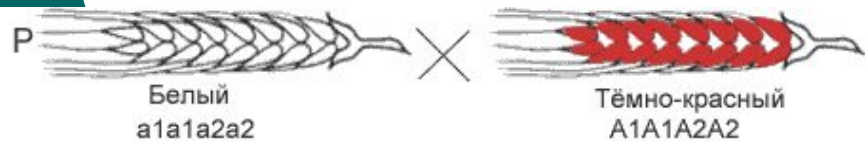
**Количественная полимерия.** Степень проявления признака зависит от числа доминантных генов.

Пример – пигментация кожи у человека.

**Качественная полимерия.** Наличие хотя бы одного аллеля из любой аллельной пары определяет один вариант признака, отсутствие – второй вариант.

Во втором поколении расщепление по фенотипу 15:1.

Пример – наследование формы стручка у пастушьей сумки.



P Ср. окрашенные × Ср. окрашенные  
A<sub>1</sub>a<sub>1</sub>A<sub>2</sub>a<sub>2</sub> A<sub>1</sub>a<sub>1</sub>A<sub>2</sub>a<sub>2</sub>

♀ \ ♂	A <sub>1</sub> A <sub>2</sub>	A <sub>1</sub> a <sub>2</sub>	a <sub>1</sub> A <sub>2</sub>	a <sub>1</sub> a <sub>2</sub>
A <sub>1</sub> A <sub>2</sub>	A <sub>1</sub> A <sub>1</sub> A <sub>2</sub> A <sub>2</sub> Инт. красн.	A <sub>1</sub> A <sub>1</sub> A <sub>2</sub> a <sub>2</sub> Красный	A <sub>1</sub> a <sub>1</sub> A <sub>2</sub> A <sub>2</sub> Красный	A <sub>1</sub> a <sub>1</sub> A <sub>2</sub> a <sub>2</sub> Ср. красн.
A <sub>1</sub> a <sub>2</sub>	A <sub>1</sub> A <sub>1</sub> A <sub>2</sub> a <sub>2</sub> Красный	A <sub>1</sub> A <sub>1</sub> a <sub>2</sub> a <sub>2</sub> Ср. красн.	A <sub>1</sub> a <sub>1</sub> A <sub>2</sub> a <sub>2</sub> Ср. красн.	A <sub>1</sub> a <sub>1</sub> a <sub>2</sub> a <sub>2</sub> Св. красн.
a <sub>1</sub> A <sub>2</sub>	A <sub>1</sub> a <sub>1</sub> A <sub>2</sub> A <sub>2</sub> Красный	A <sub>1</sub> a <sub>1</sub> A <sub>2</sub> a <sub>2</sub> Ср. красн.	a <sub>1</sub> a <sub>1</sub> A <sub>2</sub> A <sub>2</sub> Ср. красн.	a <sub>1</sub> a <sub>1</sub> A <sub>2</sub> a <sub>2</sub> Св. красн.
a <sub>1</sub> a <sub>2</sub>	A <sub>1</sub> a <sub>1</sub> A <sub>2</sub> a <sub>2</sub> Ср. красн.	A <sub>1</sub> a <sub>1</sub> a <sub>2</sub> a <sub>2</sub> Св. красн.	a <sub>1</sub> a <sub>1</sub> A <sub>2</sub> a <sub>2</sub> Св. красн.	a <sub>1</sub> a <sub>1</sub> a <sub>2</sub> a <sub>2</sub> Белый

(1:4:6:4:1)









## ***Эффект положения.***

---

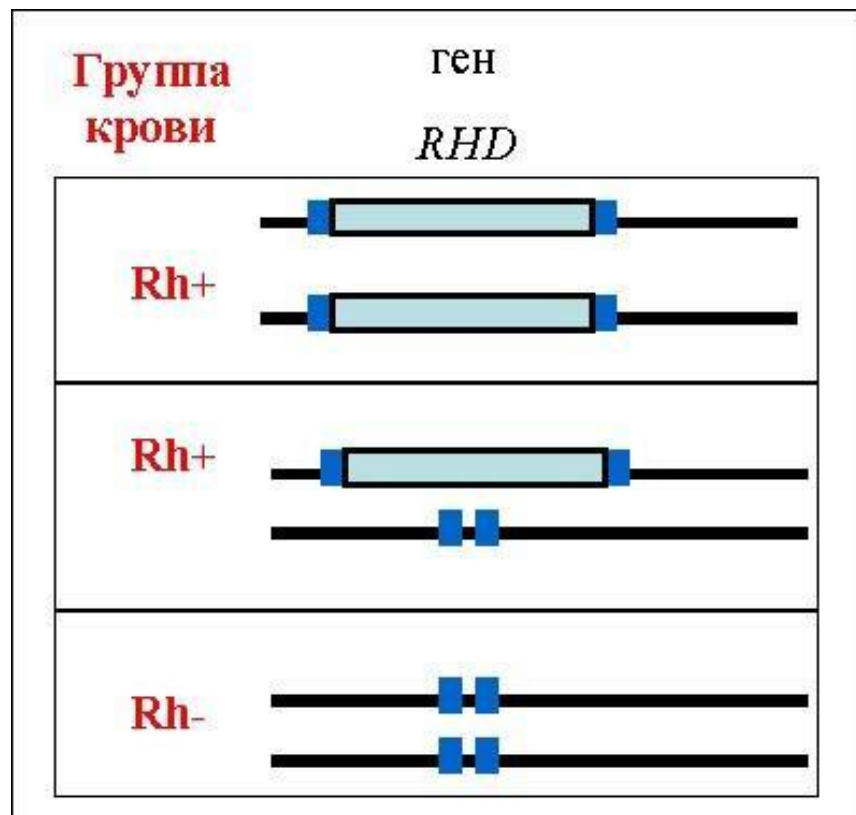
Это форма взаимодействия неаллельных генов, расположенных в близлежащих локусах одной хромосомы.

Проявляется во взаимном влиянии генов друг на друга.

Пример – наследование антигенов группы крови системы резус.

<b>+</b> <b>+</b>	<b>+</b> <b>-</b>	<b>-</b> <b>+</b>	<b>-</b> <b>-</b>
			
			
<b>Rh+</b>	<b>Rh+</b>	<b>rh-</b>	<b>rh-</b>
<b>Rh+</b>	<b>Rh+</b>	<b>rh-</b>	<b>rh-</b>
<b>Rh+</b>	<b>Rh+</b>	<b>rh-</b>	<b>rh-</b>

akushergynekolog.ru





---

Ген С – синтез антигена С

Ген Е – синтез антигена Е

Ген Д – синтез антигена Д.

От ССДДЕЕ до Ссддее - резус положительный  
ссддее – резус отрицательный.

СсДДЕе -?????

СДе

сде

Цис-положение  
(мало С, много Е)

Сде

сДе

транс-положение  
(мало Е, много С)

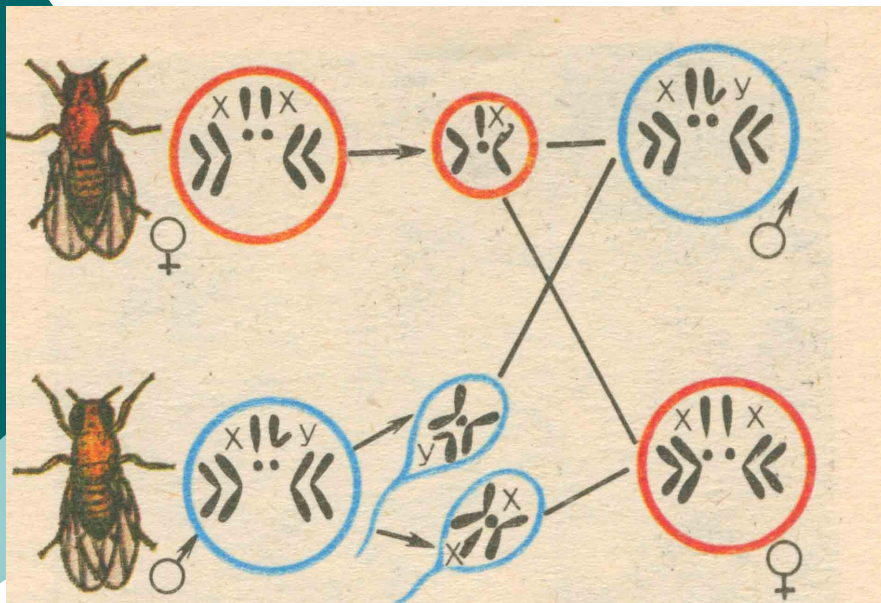
# Сцепленное наследование.

---

Сцепленное наследование – наследование признаков, гены которых расположены в одной хромосоме.

В 1910 году **Томас Морган** установил закономерности сцепленного наследования на дрозофиле.





Мушка каждые две недели при температуре 25 С даёт многочисленное потомство.

Самец и самка внешне хорошо различимы – у самца брюшко меньше и темнее.

Они имеют отличия по многочисленным признакам.

Мушки могут размножаться в пробирках на дешёвой питательной среде



A - серое тело

a - чёрное тело

B - длинные крылья

b - зачаточные крылья

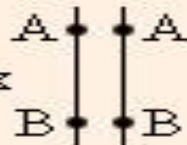
Скрещивание между родителями

**P**

Фенотипы родительских особей

Серое тело, длинные крылья × Чёрное тело, зачаточные крылья

Генотипы  
родительских  
особей



×

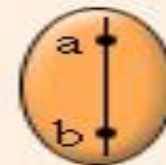
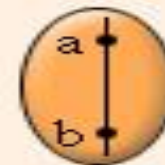


Мейоз

Гаметы



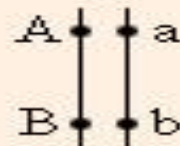
×



Случайное оплодотворение

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

Генотипы  
первого  
поколения



Фенотипы  
первого  
поколения

Все потомки - гетерозиготы с серым телом и длинными крыльями

---

**V** – серое тело

**v** – черное тело

**V** – нормальные крылья

**v** – рудиментарные крылья.

P ♀ **BBVV** x ♂ **bbvv**

Сер, н      черн, руд.

G **BV**                  **bv**

F1 **BbVv** – сер, н

---

Проведем анализирующее скрещивание по 2 схемам.

P ♂  $BbVv$  × ♀  $BBVV$   
С, н                      ч, р.

Вместо 4 фенотипов Морганом было получено только 2 фенотипа, которые повторяли признаки родителей.

G  $BV, bv$                        $BV$

т.к. у самцов наблюдается полное сцепление

F2  $BbVv$                                                $BBVV$

С, н                                                      ч, р

50%                                                      50%

P ♀ BbVv x ♂ BBVV


C, H ч, p

G BV, bV  
bV, Bv

т.к. у самок сцепление нарушается  
кроссинговером

Морганом было получено 4 фенотипических  
класса, но не по 25%.

F2 BbVv	BBVV	BbVV	BbVv
C, H	ч, p	C, p	ч, H
41,5%	41,5%	8,5%	8,5%

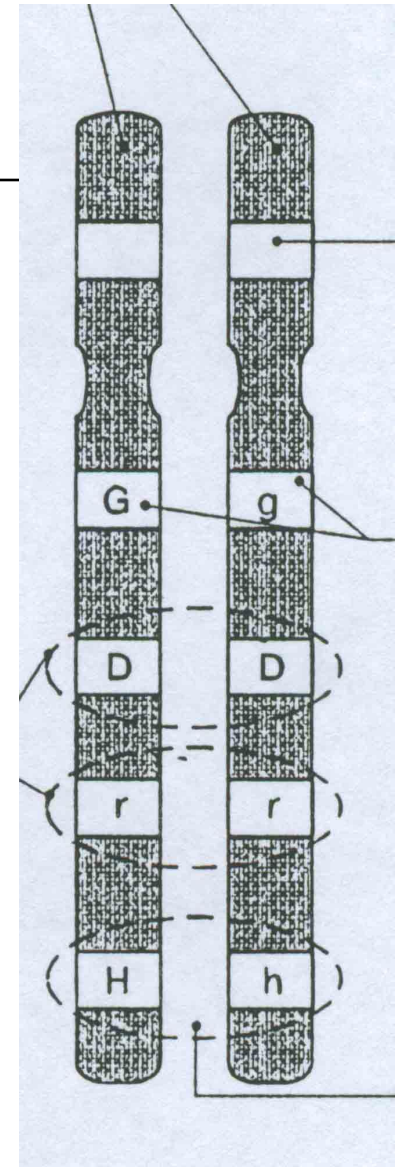


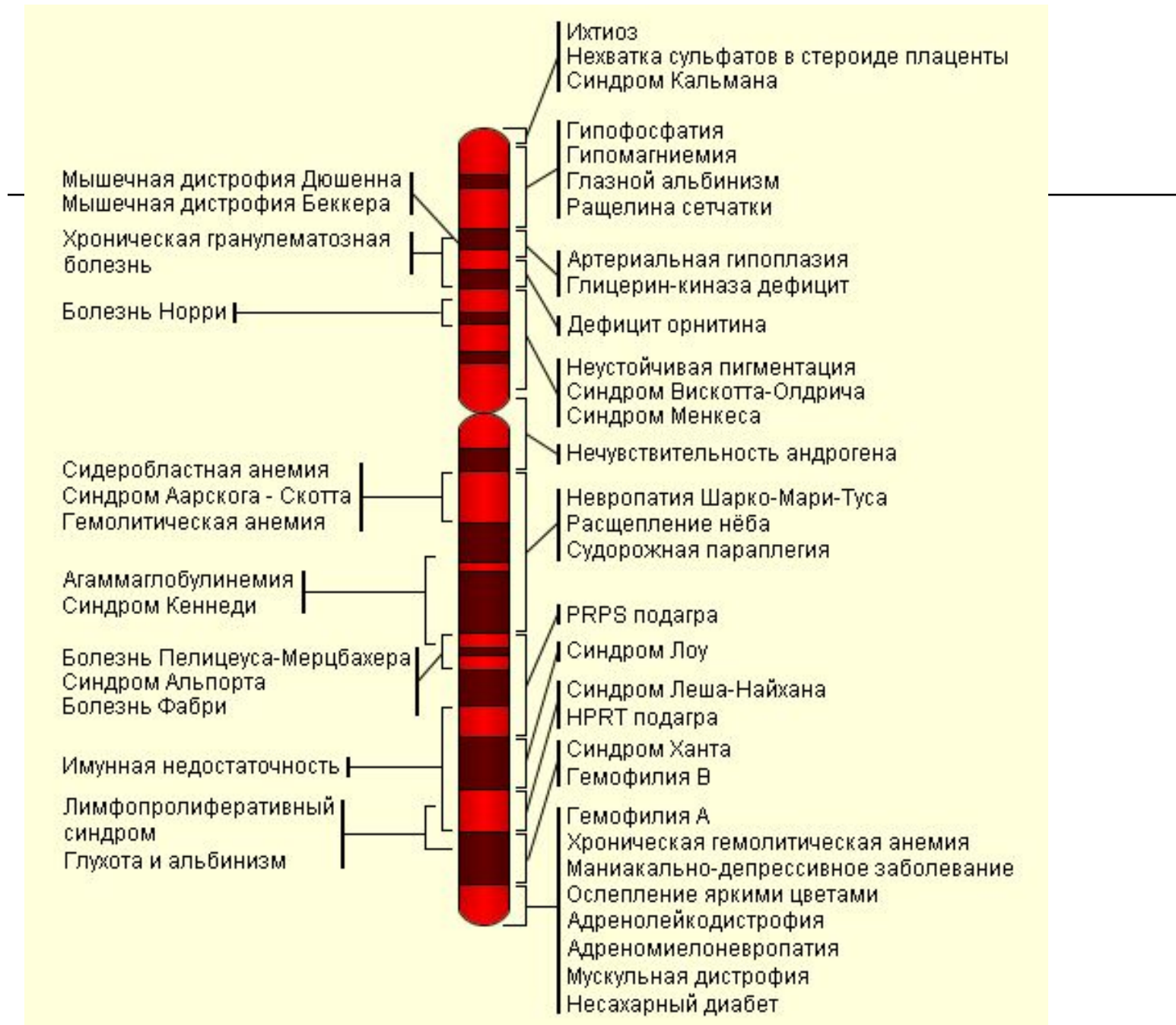
---

Гены, отвечающие за цвет тела и форму крыльев расположены на расстоянии в 17 морганид.

1 морганида = 1% кроссоверных особей, полученных в потомстве анализирующего скрещивания.

Определение расстояния между генами легло в основу построения **генетических карт хромосом** – это схема относительного расположения генов в одной группе сцепления.





## ***Закон Моргана.***

---

Расстояние между генами пропорционально проценту кроссинговера и обратно пропорционально силе сцепления. Если расстояние более 50 морганид, то наследование идет по правилам независимого наследования.



# **Основные положения хромосомной теории наследственности Моргана.**

---

1. Гены расположены в хромосомах.
2. Каждая хромосома представляет собой уникальную группу сцепления. Число групп сцепления равно гаплоидному набору хромосом. У человека 23 группы сцепления (у мужчин – 24).
3. Гены в хромосоме расположены в линейном порядке. Каждый ген занимает в хромосоме определенный локус.
4. Между аллельными генами может происходить кроссинговер. Частота кроссинговера прямо пропорциональна расстоянию между генами и обратно пропорциональна силе сцепления между ними.