

# Закономерности наследования признаков

## Правила Менделя

### Взаимодействие генов



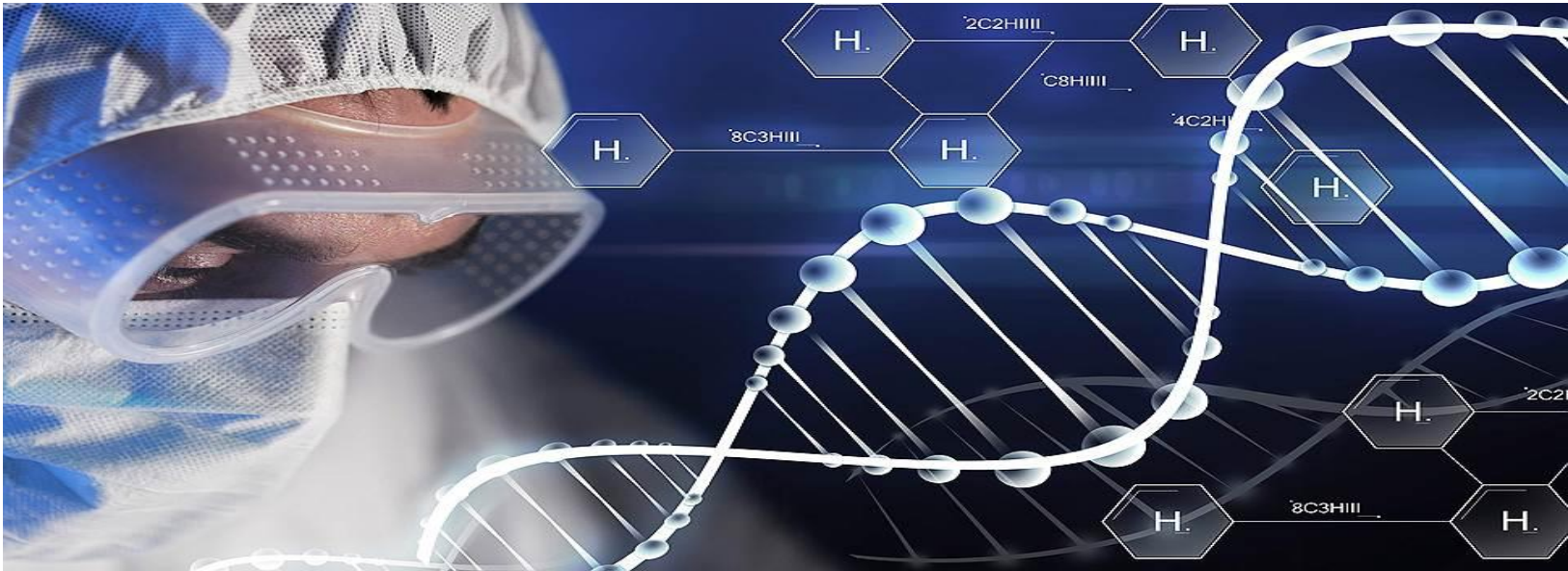
Лекцию подготовила:  
к.ф.н., доцент каф. фармацевтического  
естествознания Простодушева Т.В.

# Определение медицинской генетики



**Медицинская генетика** — область **медицины**, наука, которая изучает явления наследственности и изменчивости в различных популяциях людей, особенности проявления и развития нормальных и патологических признаков, зависимость заболеваний от генетической предрасположенности и условий окружающей среды.

# Основные этапы развития генетики



- I. Организменный уровень** наследственности (основоположник - Г. Мендель 1885 г.)
- II. Клеточный уровень** - цитогенетика (основоположник - Т. Морган 1910г.)
- III. Молекулярный уровень** - молекулярная генетика (возникла с открытием структуры ДНК - 1953 г. Джеймсом Уотсоном американским доктором наук и Френсисом Криком английским аспирантом биофизики Кембриджского университета)

# Основные понятия генетики

**Наследственность** - свойство организмов повторять в ряду поколений сходные признаки и свойства и обеспечивать специфический характер индивидуального развития в определенных условиях среды

**Изменчивость** - способность организма приобретать новые признаки и свойства

**Ген** - структурно-функциональная единица наследственности или участок молекулы ДНК, кодирующий информацию о белке (полипептиде)

**Геном** - совокупность генов, содержащихся в гаплоидном наборе хромосом клетки

**Гибридологический метод** - это метод скрещивания организмов, отличающихся друг от друга какими-либо признаками, и последующий анализ характера наследования этих признаков у потомства

**Гибрид** - особь, полученная в результате скрещивания

**«Чистые линии»** - генотипически однородное потомство, гомозиготное по большинству генов (AA или aa), полученное в результате длительного самоопыления или близкородственного скрещивания

**Гаметы** - половые клетки организма, имеющие гаплоидный набор хромосом

# Основные понятия генетики

**Локус гена** – строго определенное место гена в хромосоме

**Аллельные гены** – гены, расположенные в одинаковых локусах гомологичных хромосом и отвечающие за развитие одного признака (обозначаются одной буквой AA, Aa)

**Гомологичные хромосомы** – парные, одинаковые (по размерам, форме, содержанию генов )

**Гомозиготный организм** – организм, содержащий в гомологичных хромосомах два одинаковых аллеля одного гена (AA или aa)

**Гетерозиготный организм** - организм, содержащий в гомологичных хромосомах два разных аллеля одного гена (Aa)

**Альтернативные признаки** - противоположные

**Доминантный признак** - преобладающий, подавляющий

**Рецессивный признак** - подавляемый

**Генотип** - совокупность всех взаимодействующих генов организма

**Фенотип** - совокупность всех внешних и внутренних признаков организма; проявление генотипа

# Основные понятия генетики


**Моногибридное скрещивание** - скрещивание, при котором родительские организмы отличаются друг от друга лишь по одному признаку

**Дигибридное скрещивание** - скрещивание особей, которые отличаются друг от друга по двум признакам

**Анализирующее скрещивание** - скрещивание особи, генотип которой неизвестен, с особью, гомозиготной по рецессивному гену (а)

# Правило выписывания гамет

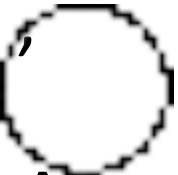





- Правило выписывания гамет: число типов гамет, образуемых организмом
- Определяется по формуле:  $2^n$ , где  $n$ - число гетерозигот

1. AA  $n = 0$ ;  $2^0 = 1$  тип гамет 

2. Aa  $n = 1$ ;  $2^1 = 2$  типа гамет  , 

3. AaBb  $n = 2$ ;  $2^2 = 4$  типа гамет  ,  ,  , 

4. AaBbCc  $n = 3$ ;  $2^3 = 8$  типов гамет  , 

 ,  ,  ,  ,  , 

Abc , aBc , ABc , abc , AbC , aBc

# Вклад Г. Менделя в развитие генетики



**Грегор Иоганн Мендель**  
(1822-1884 г.) – чешский  
ботаник

«Опыты над растительными гибридами» (1865 г.)

1. Применил гибринологический метод изучения наследования признаков
2. Использовал математический подход к результатам исследования: установил среднестатистический характер закономерностей наследования
3. Впервые открыл, обосновал и сформулировал основные механизмы наследственности: расщепление и комбинирование наследственных признаков
4. Установил факт несмешиваемости признаков при скрещиваниях («гипотеза чистоты гамет»): новый признак всегда имеет шанс проявиться в фенотипе в неизменном состоянии



# Ученые, переоткрывшие законы наследования признаков, установленные Г. Менделем



**Хуго Де Фриз**  
(1848 — 1935г.)  
голландский  
ботаник



**Карл Эрих Корренс**  
(1864—1933г.)  
немецкий биолог,  
ботаник, миколог



**Эрих фон Чермак**  
(1871—1962г.)-  
австрийский учёный-  
генетик

Дата «рождения» генетики 1900 год



# Генетическая схема первого закона единообразия (правила)

Признак	Ген	P:	♀ жёлтые	×	♂ зелёные
жёлтый	A		AA		aa
зелёный	a	G:	⊙ A		⊙ a
		F <sub>1</sub> :	100% жёлтые Aa		

## Формулировка :

1. При скрещивании двух особей, различающихся по одной паре альтернативных признаков, в первом поколении у гибридов наблюдается единообразие признаков и проявляется доминантный признак

2. При моногибридном скрещивании гомозиготных организмов все поколение будет единообразное как по фенотипу так и по генотипу и нести доминантный признак одного из родителей или промежуточный

# Выводы из первого закона (правила) Менделя

За развитие одного признака отвечают два наследственных задатка (два гена)

У гибридов первого поколения из каждой пары альтернативных признаков проявляется только один

Взаимодействие двух наследственных задатков (генов) по полному доминированию Если в первом поколении гибриды единообразны, то родители гомозиготные по генотипу

# Генетическая схема второго закона расщепления (правила)

Признак	Ген	P:	♀ жёлтые	×	♂ зелёные
жёлтый	A		Aa		Aa
зелёный	a	G:	(A) (a)		(A) (a)
		F <sub>2</sub> :	3 жёлтые		1 зелёные
			1 AA		2Aa
					1aa

## Формулировка :

При моногибридном скрещивании гетерозигот наблюдается расщепление у гибридов по фенотипу в соотношении 3:1, по генотипу 1:2:1.

При неполном доминировании гибридов расщепление по генотипу и фенотипу совпадает 1 : 2 : 1

# Выводы из закона расщепления (правила)

1. Во втором поколении единообразия гибридов не наблюдается: часть гибридов несет один (доминантный), часть - другой (рецессивный) признак из альтернативной пары
2. Рецессивный признак у гибридов первого поколения не исчезает, а лишь подавляется и проявляется во втором гибридном поколении
3. Количество гибридов, несущих доминантный признак, приблизительно в три раза больше, чем гибридов, несущих рецессивный признак
4. Расщепление признаков в потомстве происходит не случайно в определенном числовом соотношении, а подчиняется определенным количественным закономерностям (если во втором поколении произошло расщепление по фенотипу приблизительно 3:1, то родители гетерозиготные по генотипу)

Явление, при котором часть гибридов второго поколения несет доминантный признак, а часть - рецессивный, называют **расщеплением**

# Закон «Чистоты гамет»

Выводы:

1. За формирование признаков отвечают какие-то дискретные наследственные задатки (гены);
2. Организмы содержат два наследственных задатка (гена), определяющих развитие признака;
3. При образовании гамет в каждую из них попадает только один из пары наследственных задатков (генов);
4. При слиянии мужской и женской гамет эти наследственные задатки (гены) не смешиваются (остаются чистыми)

**Закон:** при образовании половых клеток в каждую гамету попадает только один наследственный задаток

В 1909 году В. Иогансен назовет эти наследственные факторы генами

В 1912 году Т. Морган покажет, что они находятся в хромосомах

**Современный вариант закона:** гамета не имеет аллельных генов; из пары аллелей в гаметы попадает один ген (подтверждение - мейоз)

# Анализирующее скрещивание

- **Анализирующее скрещивание** - скрещивание организма с неизвестным генотипом с гомозиготным организмом по рецессивным аллелям
- Гибридологический метод позволяет установить гомозиготный или гетерозиготный организм, имеющий доминантный фенотип по исследуемому гену (или генам)
- **Результат анализирующего скрещивания**
  1. Расщепления не произошло и все потомство единообразное - неизвестный генотип гомозиготный
  2. Расщепление произошло по фенотипу 1:1- неизвестный генотип гетерозиготный

P	♀ <b>Aa</b> желтые	×	♂ <b>aa</b> зеленые
Типы гамет	<b>A</b> <b>a</b>		<b>a</b>
F	<b>Aa</b> желтые 50%		<b>aa</b> зеленые 50%



# Генетическая схема закона независимого комбинирования генов (правила)

Признак	Ген	P:	♀ жёлтые, гладкие	x	♂ зелёные, морщинистые
жёлтый	A		AABB		aabb
зелёный	a	G:	(AB)		(ab)
гладкая	B	F <sub>1</sub> :	100% жёлтые, гладкие AaBb		
морщинистая	b				
		P:	♀ жёлтые, гладкие	x	♂ жёлтые, гладкие
		G:	(AB) (Ab) (aB) (ab)		(AB) (Ab) (aB) (ab)
		F <sub>2</sub>	9A_B_ : 3A_bb : 3aaB_ : 1aabb		

По каждой паре признаков наблюдается независимое расщепление:  
12 желтых : 4 зеленые; 12 гладких : 4 морщинистые

## Формулировка :

при дигибридном скрещивании дигетерозигот, признаки наследуются независимо и возникают всевозможные (новые ) комбинации генов (признаков), дающие расщепление по фенотипу 9:3:3:1

Свободное комбинирование возможно, если гены A и B находятся в разных парах хромосом

# Генетическая схема закона независимого комбинирования признаков (Решётка Пеннета)

Гаметы: ♂	AB	Ab	aB	ab	
♀	<b>AB</b> желтые гладкие	<b>AABb</b> желтые гладкие	<b>AABb</b> желтые морщинистые	<b>AaBB</b> желтые гладкие	<b>AaBb</b> желтые морщинистые
<b>Ab</b> желтые гладкие	<b>AaBB</b> желтые гладкие	<b>AaBb</b> желтые морщинистые	<b>aaBB</b> зеленые гладкие	<b>aaBb</b> зеленые морщинистые	
<b>aB</b> желтые гладкие	<b>Aabb</b> желтые морщинистые	<b>aaBB</b> зеленые гладкие	<b>aaBb</b> зеленые морщинистые	<b>aabb</b> зеленые морщинистые	
<b>ab</b> желтые гладкие	<b>AaBB</b> желтые гладкие	<b>AaBb</b> желтые морщинистые	<b>aaBB</b> зеленые гладкие	<b>aaBb</b> зеленые морщинистые	

Расщепление по фенотипу  $(3 : 1)^2 = 9:3:3:1$

желтые, гладкие 9/16, желтые, морщинистые 3/16, зеленые, гладкие 3/16, зеленые, морщинистые 1/16.

Расщепление по генотипу  
4:2:2:2:2:1:1:1:1

**AaBb** – 4/16,  
**AABb** – 2/16,  
**AaBB** – 2/16,  
**Aabb** – 2/16,  
**aaBb** – 2/16,  
**AABB** – 1/16,  
**Aabb** – 1/16,  
**aaBB** – 1/16,  
**aabb** – 1/16..

# Менделирующие признаки

**Менделирующие признаки** - признаки, наследуемые по законам Г. Менделя, т.е. моногенно и по типу полного доминирования

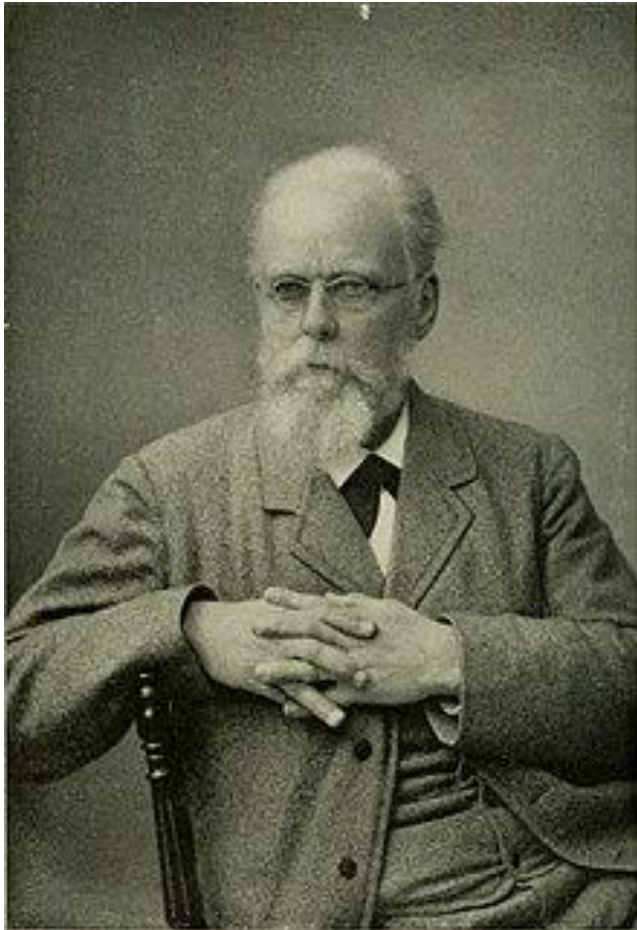
## Менделирующие признаки человека

Признак	Доминантная аллель	Рецессивная аллель
Цвет глаз	карие	голубые или серые
Цвет волос	темные	светлые
Форма волос	вьющиеся	прямые
Облысение	раннее	нормальный срок
Цвет кожи	темная	светлая
Нарушения зрения	близорукость	норма
	дальнозоркость	норма
Ушные мочки	свободные	приросшие
Форма губ	толстые	тонкие
Форма глаз	большие	маленькие
Форма ресниц	длинные	короткие
Давление	гипертония	Норма

У человека таких признаков- 2300

Г. Мендель открыл **моногенное наследование признаков** (один признак контролируется одной парой аллелей у организма)  
**Полигенное наследование признаков**- за один признак у организма отвечают несколько пар неаллельных генов (любой фермент, состоящий из различных белковых субъединиц)

# Август Вейсман (1834- 1914г.)- немецкий зоолог



Основываясь на закономерностях деления клеток, пришел к заключению о том, что хромосомы носители наследственности

Выдвигает принцип невозможности передачи по наследству приобретенных признаков

# Концепция гибридогенеза (1914г.)

## Ян Паулуc Лотси (1867-1931г.)



Новые виды возникают в результате комбинации генов

(адаптация организмов сводится к механическому отбору удачных гомозиготных вариаций)

Все новые более совершенные признаки возникают только путем комбинирования генов, имевшихся уже у примитивных организмов..

Голландский ботаник  
Труд : «Эволюция путем  
гибридизации» 1916г.

# Закон Харди— Вайнберга- закон генетического равновесия (1908—1909г.)



В идеальных популяциях соотношение частот аллелей в генофонде остается неизменным из поколения в поколение при отсутствии давления факторов окружающей среды

Частоты встречаемости трех возможных генотипов AA, aa и Aa в составе популяции можно описать следующим уравнением:

$$p^2AA + 2pAqa + q^2aa = 1, \text{ где}$$

$$0,25AA + 0,5Aa + 0,25aa = 1 \Rightarrow 0,25A \quad 0,25A \\ 0,25a \quad 0,25a \text{ типы гамет} \Rightarrow 0,5A = 0,5a$$

-состояние равновесия

существование рецессивных аллелей преимущественно в гетерозиготном **СОСТОЯНИИ**

# ФОРМЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ГЕНОВ

## **I Взаимодействие аллельных генов:**

- полное доминирование
- неполное доминирование
- сверхдоминирование
- кодоминирование
- аллельное исключение
- межаллельная комплементация

## **II Взаимодействие неаллельных генов:**

- комплементарность
- эпистаз: а) доминантный, б) рецессивный
- полимерия
- плейотропия

# Взаимодействие аллельных генов

## Полное доминирование

**Полное доминирование** - полное преобладание в фенотипе гетерозиготного организма одного аллеля (доминантного) над другим (рецессивным) одного и того же гена

- У гетерозиготы  $Aa$  - действие гена  $a$  не проявляется (это менделирующий признак)

Например:

1. полидактилия (шестипалость); ген  $D$  контролирует число лучистых костей, которые образуются в эмбриональных зачатках кистей рук и стопы ног  $Dd$
2. Резус - фактор (Rh-фактор) - антиген, содержащийся в эритроцитах человека и макаки - резус; наследуется по доминантному типу  $DD$  или  $Dd$



# Взаимодействие аллельных генов

## Полное доминирование

### Признаки человека

Доминантные	Рецессивные
<ul style="list-style-type: none"><li>▶ Курчавые волосы</li><li>▶ Карие глаза</li><li>▶ Нерыжие волосы</li><li>▶ Раннее облысение</li><li>▶ Веснушки</li><li>▶ Низкий голос у мужчин и высокий голос у женщин</li><li>▶ Близорукость</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>▶ Прямые волосы</li><li>▶ Голубые или серые глаза</li><li>▶ Рыжие волосы</li><li>▶ Норма</li><li>▶ Отсутствие веснушек</li><li>▶ Высокий голос у мужчин и низкий голос у женщин</li><li>▶ Норма</li></ul>

# Взаимодействие аллельных генов

## Неполное доминирование

**Неполное доминирование** – фенотипическое проявление обоих аллельных генов в гетерозиготном организме

**Связано с промежуточным проявлением признака при гетерозиготном состоянии аллелей(Aa).**

Например:

**а) AA** - большой нос

aa - маленький нос

Aa - нормальный нос средних размеров;

по этому типу у человека наследуются выпуклость губ, размеры рта и глаз, расстояние между глазами;

**б) у ночной красавицы: AA** - красный цвет цветков

aa - белый цвет цветков

Aa - промежуточный розовый цвет цветков

**в) заболевание у человека - микрофтальмия глаз:**

AA - нормальное глазное яблоко

aa - отсутствие глазного яблока

Aa - микрофтальмия.

## Взаимодействие аллельных генов: неполное доминирование у человека

Доминантный признак	Рецессивный признак	Признак у гетерозиготы
Нормальный гемоглобин	Серповидно-клеточная анемия	Часть эритроцитов серповидная
Курчавые волосы	Прямые волосы	Волнистые волосы
Талассемия	Нормальное строение гемоглобина	Легкая форма талассемии
Брахидактилия	Норма	Укороченные пальцы
Большой нос	Маленький нос	Средний нос
Нормальный размер глаз	Отсутствие глазных яблок	Уменьшенные глаза

# Взаимодействие аллельных генов

## Сверхдоминирование

**Сверхдоминирование** - доминантный аллель в гетерозиготном состоянии проявляется в фенотипе сильнее, чем в гомозиготном

( $Aa > AA$ )

Например:

1. Действие летальных генов (серповидноклеточная анемия в условиях заражения малярией: здоровая особь  $AA$  гибнет от малярии, особь  $Aa$  - рецессивный аллель  $a$  (серповидноклеточная анемия) защищает организм от заболевания малярией, гомозиготы  $aa$  умирают от анемии)
2. Жизнеспособность
3. Общая продолжительность жизни
4. Рост

# Взаимодействие аллельных генов

## Кодоминирование

Кодоминирование - в фенотипе гетерозиготного организма проявляются оба аллеля одного и того же гена

Каждый аллель детерминирует свой признак, в результате образуется новый признак

Например:

четвёртая группа крови человека (генотип  $I^A I^B$ ): в эритроцитах крови одновременно имеются антиген А ( $I^A I^A$  или  $I^A I^0$ ), характерный для II группы крови, и антиген В (аллель  $I^B I^B$  или  $I^B I^0$ ), свойственный III группе крови. Их отсутствие ( $I^0 I^0$ ) в крови человека определяет формирование I группы крови.

Аллели  $I^A$  и  $I^B$  — кодоминантные и оба гена реализуются в признак

Кодоминирование и неполное доминирование фенотипически схожи, но имеют различные механизмы проявления

Кодоминирование - полноценное проявление двух аллелей; неполное доминирование - доминантный аллель не полностью подавляет рецессивный, генотипы различаются степенью выраженности признака.

# ✓ Взаимодействие аллельных генов

## Аллельное исключение

**Аллельное исключение** - в различных клетках организма наблюдается активность одного аллеля, а второй «выключен»

В различных клетках кожи может быть инактивирована либо одна, либо другая хромосома – наблюдается мозаицизм в расположении потовых желез на коже

Например:

1. Ген, контролирующий образование потовых желез в коже человека находится в X хромосоме

A - нормальные потовые железы

a - отсутствие потовых желез

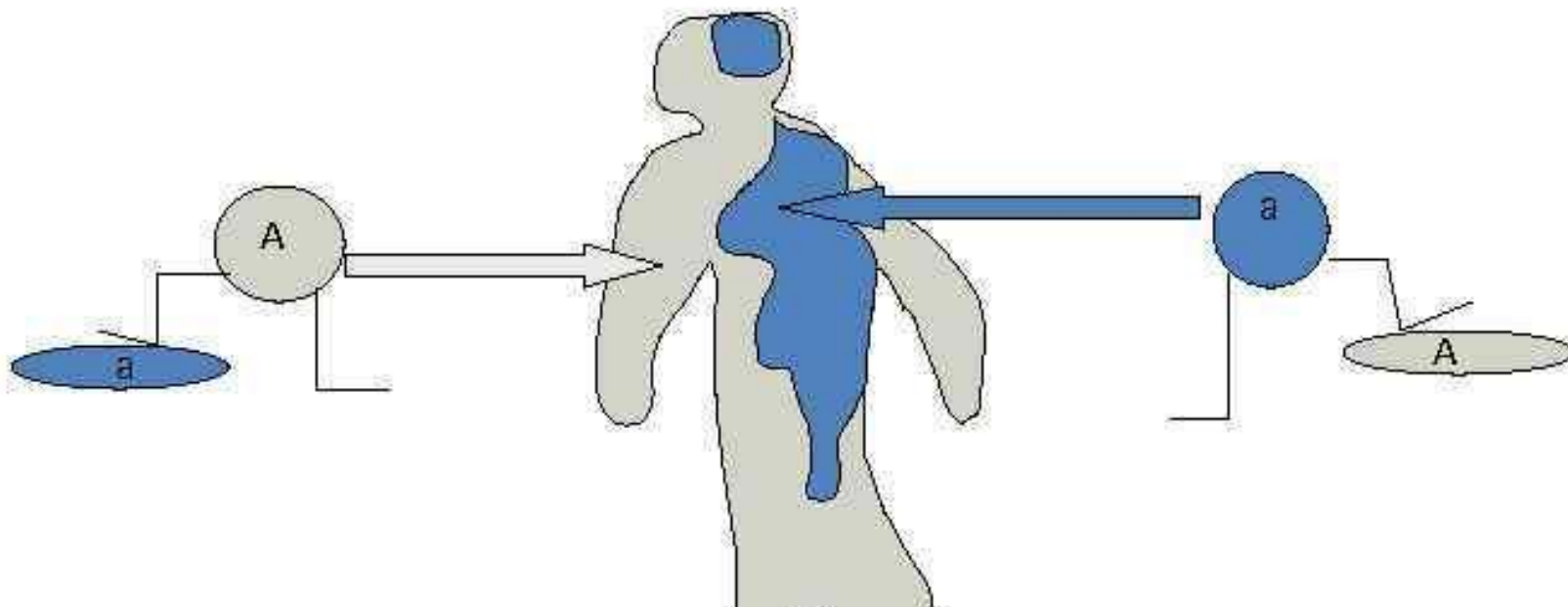
XAХа – в одной X хромосоме – нормальные потовые железы

XAХа – в другой X хромосоме – инактивация(спирализация хромосомы в виде тельца Барра)- отсутствие потовых желез

2. Избирательная инактивация генов, кодирующих синтез определенных антител в организме

# Аллельное исключение

- В одних клетках тела доминирует один аллель, в других – другой. (организм имеет мозаичный фенотип)

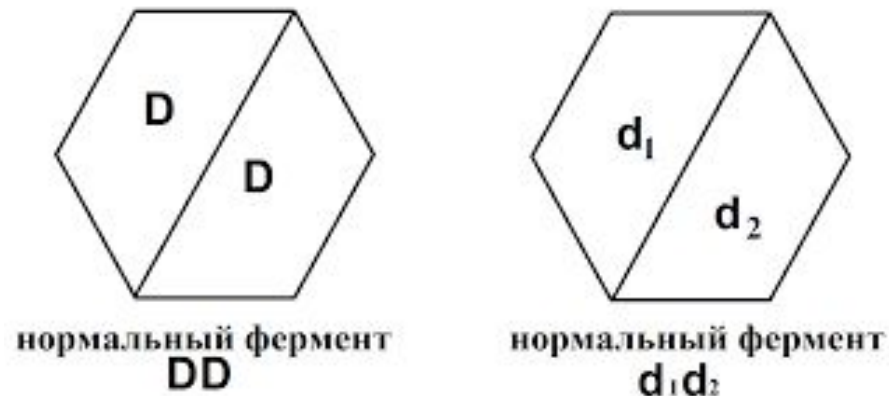




# Взаимодействие аллельных генов

## Межаллельная комплементация

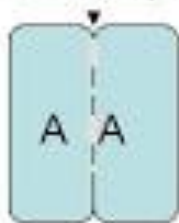
- Межаллельная комплементация – два мутантных аллеля совместно могут обеспечить нормальный фенотип
- Такое взаимодействие проявляется на уровне объединения белковых молекул, образующих единый фермент



# Межаллельная комплементация – редкий вид взаимодействия

- Наблюдается у генов, кодирующих белки с **четвертичной** структурой, т.е. состоящие из нескольких субъединиц, и определяется их пространственной конфигурацией.
- Пусть аллель  $A$  – норма,  $a$  и  $a'$  – разные мутации

Активный центр белка

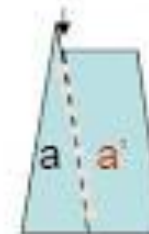


норма



Гомозиготы по мутациям  $a$  и  $a'$ , активный центр не функционирует

Активный центр



Гетерозигота  $aa'$

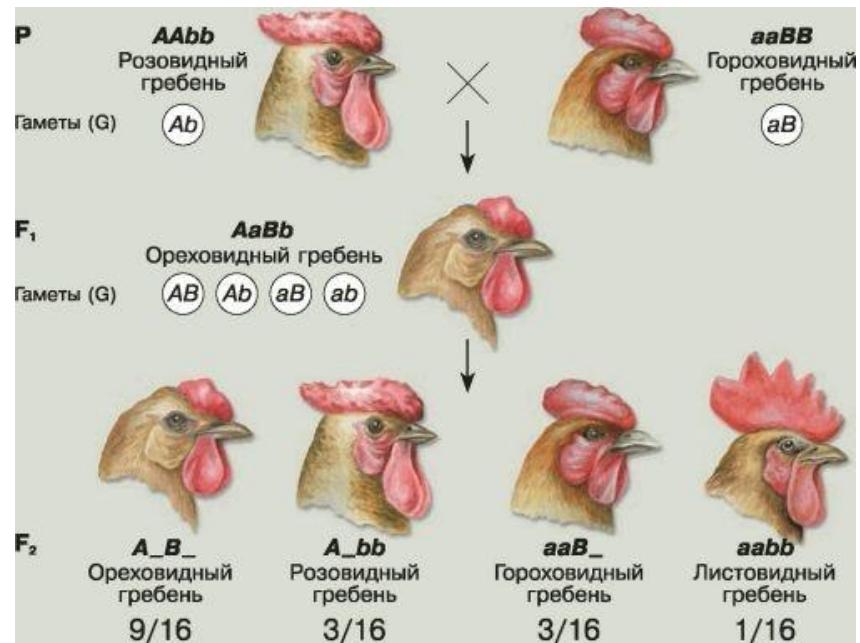
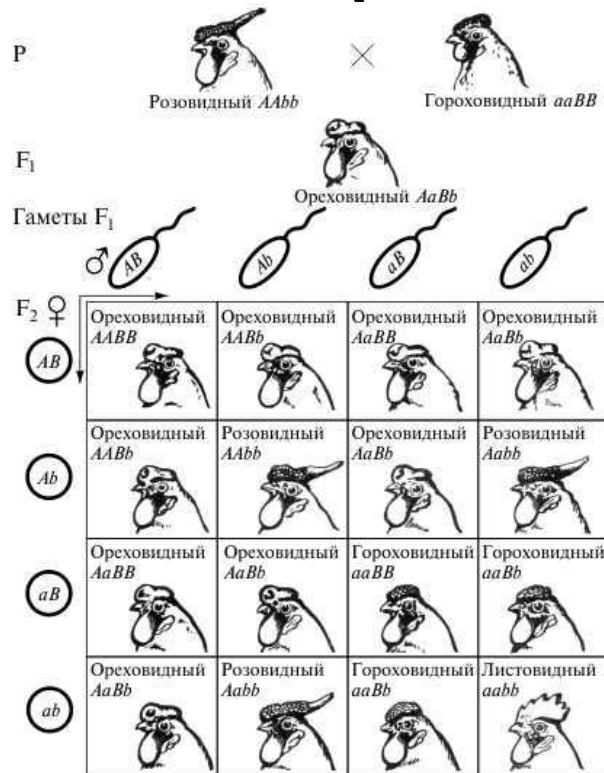
 MyShared

# Взаимодействие неаллельных генов

## Комплементарность

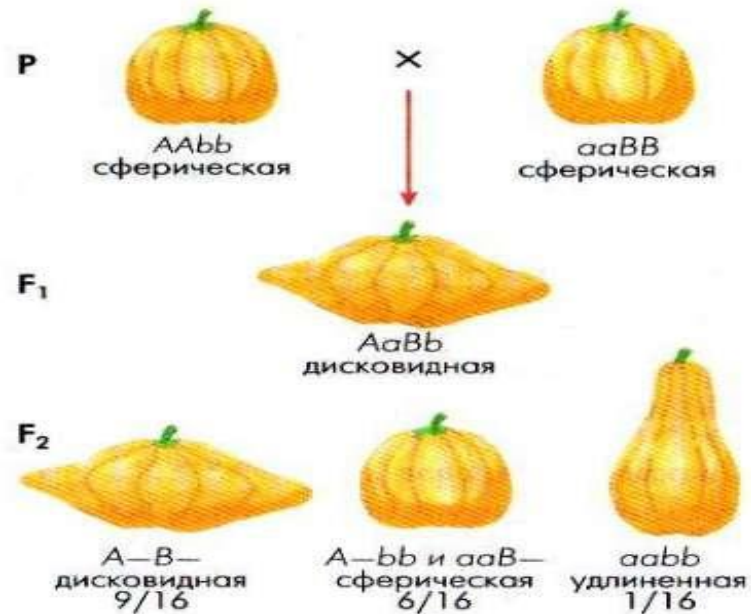
- Неаллельные гены расположены в различных локусах различных хромосом
- **Комплементарность (взаимодополнение)** — взаимодействие неаллельных генов, в результате которого проявляется новый признак, не определявшийся ни одним, ни другим геном
- **Типы комплементарности**
- Развитие нового признака организма определяется доминантными генами из различных пар хромосом, каждый из которых не имеет самостоятельного фенотипического проявления
- Один из доминантных генов способен к самостоятельному фенотипическому проявлению
- Доминантные гены из разных пар хромосом, каждый из которых имеет собственное фенотипическое проявление.

# Наследование формы гребня у кур при взаимодействии двух пар генов (комплементарность)



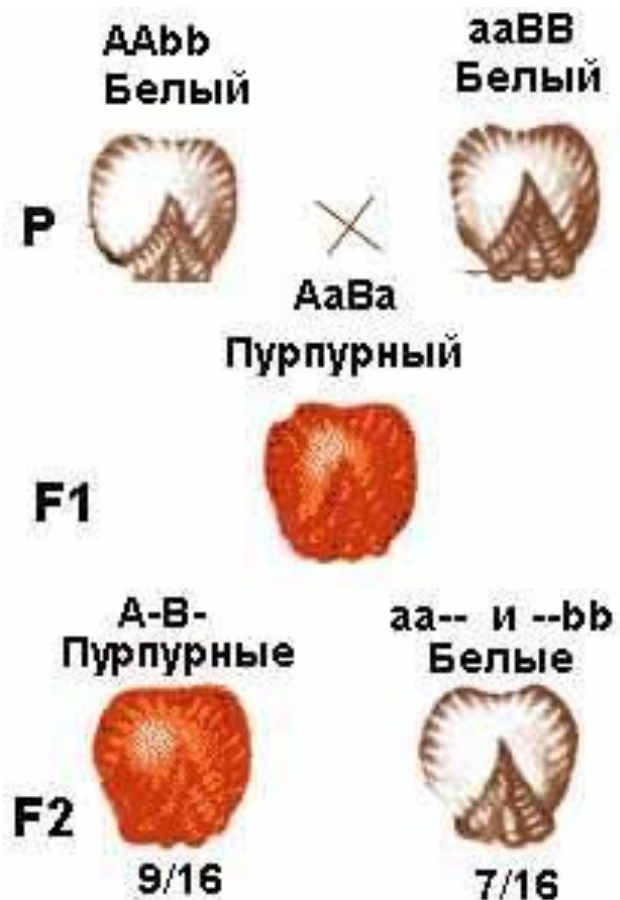
В доминантном состоянии каждый ген имеет свое фенотипическое проявление. При попадании в генотип двух доминантных генов  $AaBb$  формируется новый признак- ореховидный

# Комплементарность



Комплементарное взаимодействие генов, определяющих форму плода тыквы (соотношение 9 : 6 : 1)

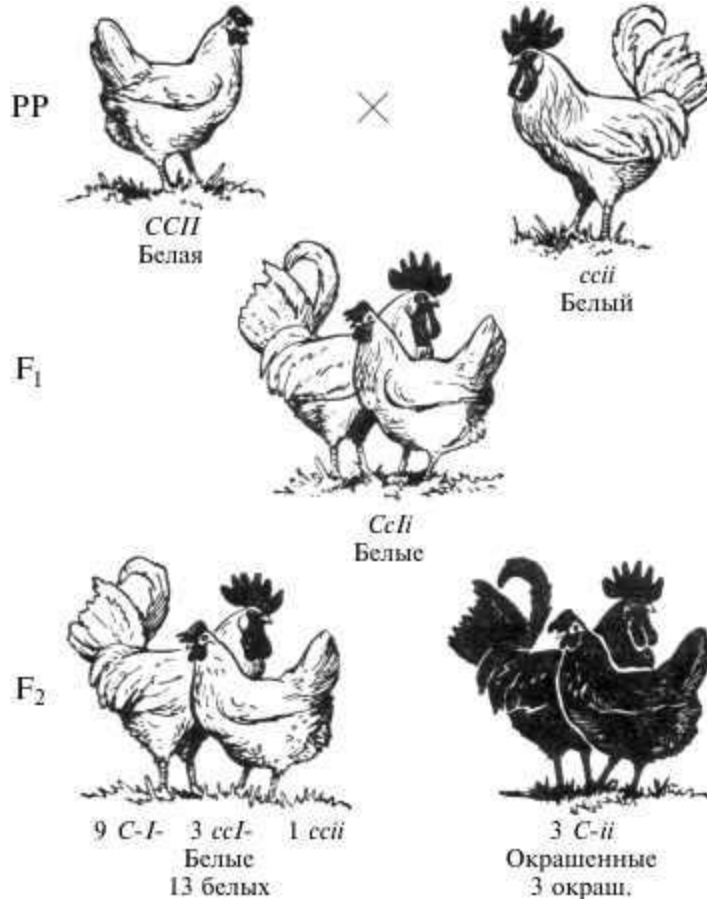
# Окраска цветков у душистого горошка (комплементарность)



# Эпистаз

- **Эпистаз** - взаимодействие неаллельных генов, при котором один ген подавляет действие гена из другой (неаллельной) пары
- Подавляющий ген называется **эпистатическим**, или **супрессором (ингибитором)**, подавляемый - **гипостатическим**
- Если ингибитор доминантный, эпистаз называют доминантным ( $A > B$ )
- Если ингибитор рецессивный, эпистаз — рецессивный ( $aa > B\_$  или  $aa > bb$ )

# Наследование окраски у кур при взаимодействии двух пар генов (доминантный эпистаз)



- Возможные генотипы и фенотипы:
- *C-I-* - белые куры (подавление)
- *ccii* (*ccii*) - белые (нет пигмента)
- *C-ii* - черные



# Рецессивный эпистаз

- Бомбейский феномен - рождение ребенка с четвертой группой крови  $I^A I^B$  у родителей с первой и второй группами крови

P.: ♀  $xx \mid I^B I^0$  → ♂  $Xx \mid I^A I^A$

G:  $x \mid I^B$   $x \mid I^0$                        $X \mid I^A$

F<sub>1</sub>:             $Xx \mid I^A I^B$      $Xx \mid I^A I^0$

# «Бомбейский феномен»

- У человека изучен один вид эпистаза. Это рецессивный эпистаз
- **I - IO IO**
- **II - IA IA, IAIO - I гр. фенотипически**
- **III - IB IB, IB IO - I гр. фенотипически**
- **IV - IA IB**
- Однако существует редкий эпистатический ген (фф), который в гомозиготном рецессивном состоянии подавляет все доминантные аллели II и III групп крови.
- Вследствие этого у людей, имеющих этот ген, фенотипически проявляется первая группа крови.  
**IA IA фф, IA IO фф, IB IB фф, IB IO фф**

9:3:4

# Рецессивный эпистаз

н наследование окраски луковиц



Ген окраски  $\left\{ \begin{array}{l} \rightarrow B\text{-красная} \\ \rightarrow b\text{-желтая} \end{array} \right.$   
 $i$  – эпистатический ген

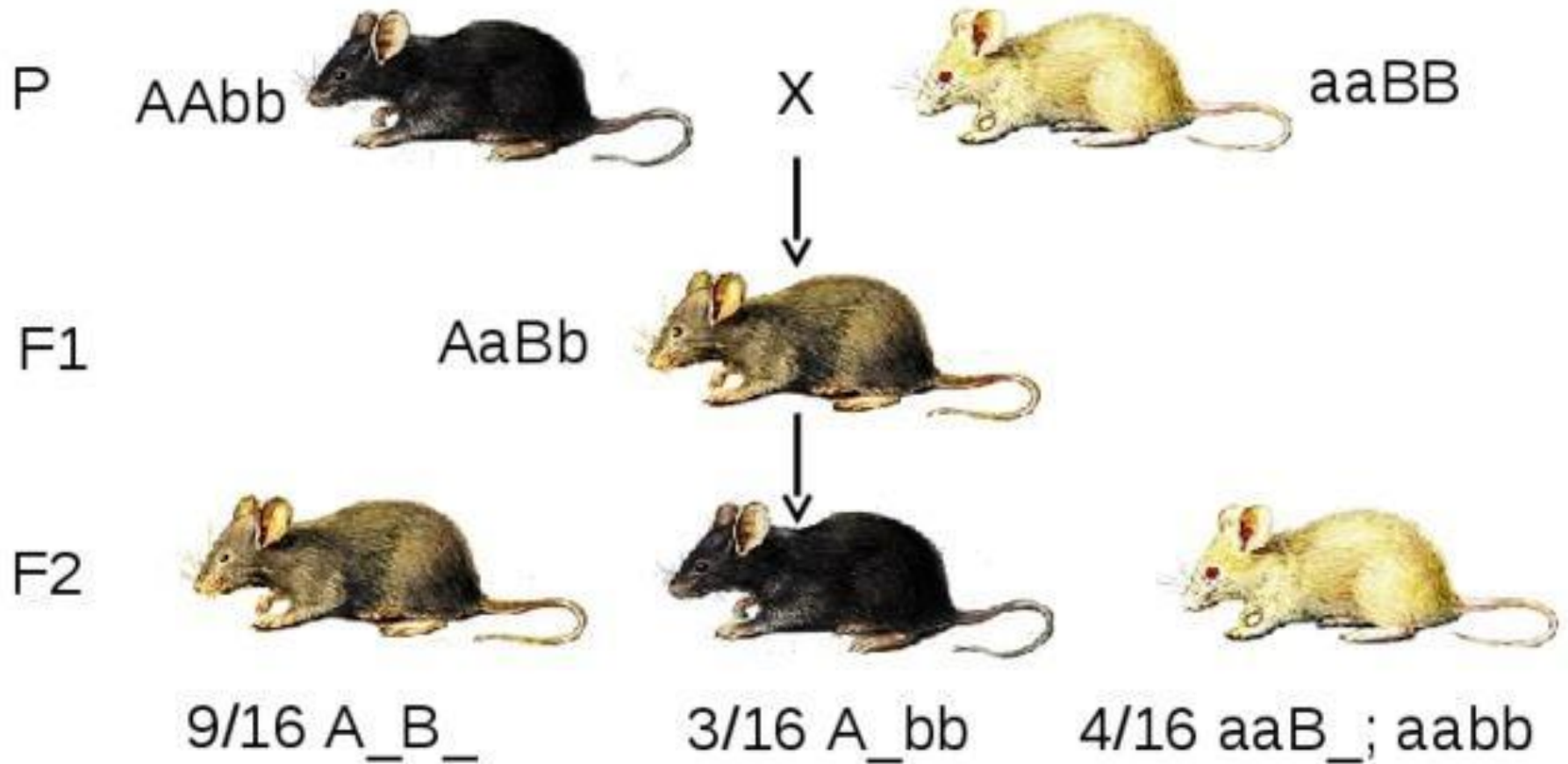
Генотип  $\left\{ \begin{array}{l} \rightarrow I\_bb \text{ - желтая} \\ \rightarrow ii B\_ \text{ - белая} \\ \rightarrow I\_B\_ \text{ - красная} \\ \rightarrow ii bb \text{ - белые} \end{array} \right.$

P  $IiBb \times iiBB$

F<sub>1</sub>  $IiBb$   
красные

F<sub>2</sub> 9 красные:3 желтые:4 белые

# Рецессивный эпистаз



A - пигмент, a – отсутствие пигмента и в гомозиготном состоянии подавляет действие гена B.

B - неравномерное распределение пигмента по длине волоса, b – равномерное распределение пигмента .

# Полимерное действие генов

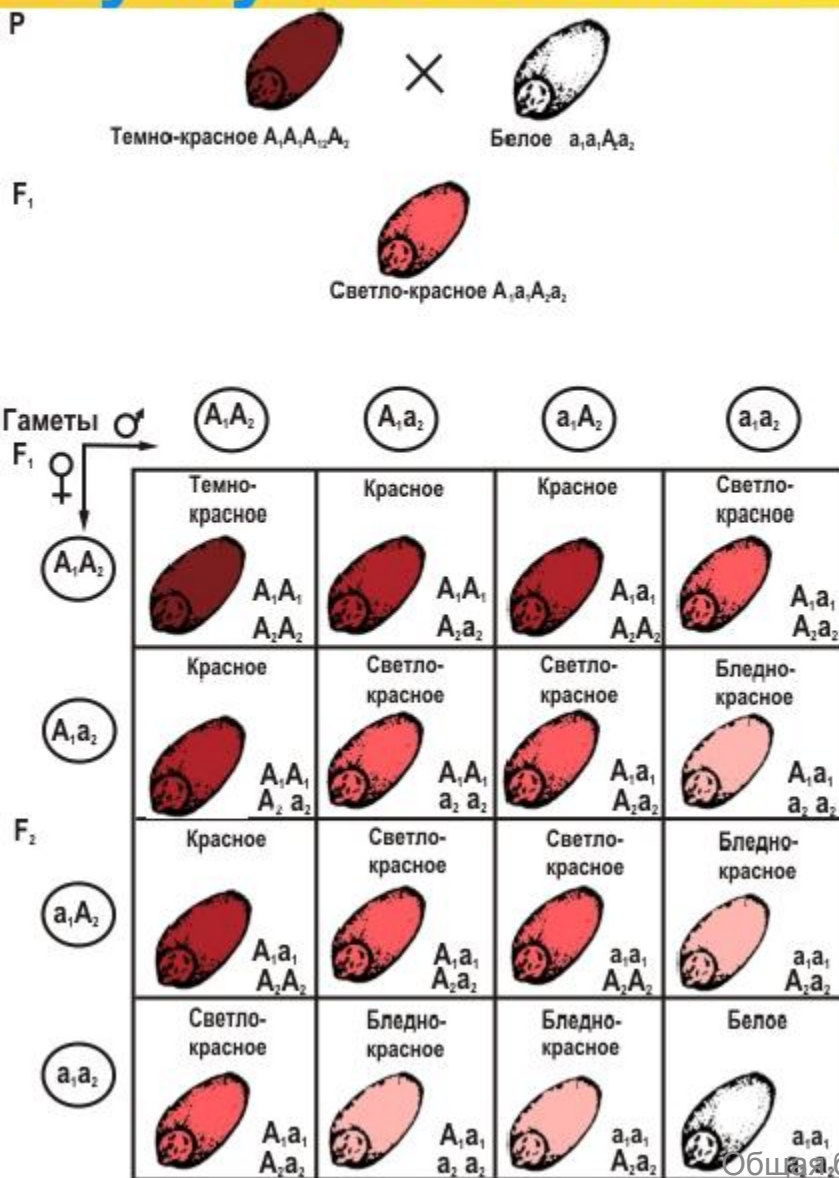
**Полимерия** - взаимодействие неаллельных генов, при котором один и тот же признак контролируется несколькими доминантными неаллельными генами, действующими на этот признак однозначно и в равной степени, усиливая его проявление

Такие однозначные гены называют **полигенами (полимерными)** и обозначают одной буквой латинского алфавита, но с разными цифровыми индексами ( $A_1, A_2, A_3$  и т. д., рецессивные -  $a_1, a_2, a_3$  и т. Д)

Виды полимерии:

- **кумулятивная** (наследование, при котором с увеличением дозы доминантных генов усиливается степень выраженности признака, - цвет кожи, рост, масса, яйценоскость кур, жирность молока, содержание витаминов у растений - характерна для наследования количественных признаков )
- **некумулятивная** (степень выраженности признака не зависит от количества доминантных генов с однозначным фенотипическим проявлением, признак развивается в полной мере при наличии хотя бы одного гена)

# Кумулятивная полимерия



1/16 – наличие всех четырех доминантных аллелей  $A_1A_1A_2A_2$  – самая интенсивная окраска

4/16 – три доминантных аллели (типа  $A_1A_1A_2a_2$ )

6/16 – две доминантных аллели (типа  $A_1a_1A_2a_2$ )

4/16 – одна (типа  $A_1a_1a_2a_2$ )

1/16 – гомозиготна по обоим рецессивным признакам ( $a_1a_1a_2a_2$ ) – неокрашена

$1+4+6+4+1 = 16$  отражает изменчивость признака окраски у зерна пшеницы в зависимости от числа доминантных аллелей в генотипе

# Пример кумулятивной полимерии

## Цвет кожи

$A_1 A_1 A_2 A_2 A_3 A_3 A_4 A_4$

человек с черной кожей

$a_1 a_1 a_2 a_2 a_3 a_3 a_4 a_4$

человек с очень белой кожей

$A_1 A_1 A_2 A_2 A_3 A_3 a_4 a_4$

человек со смуглой кожей

чем больше в генотипе доминантных генов, тем интенсивнее признак

# Некумулятивная полимерия

♀  
  
 $a_1a_1a_2a_2$   
 неоперенные ноги

♂  
  
 $A_1A_1A_2A_2$   
 оперенные ноги

♀ ♂  
  
 $A_1a_1A_2a_2$   
 оперенные ноги

♀ ♂  
  
 $9A_1-A_2-, 3A_1-a_2a_2, 3a_1a_1A_2-$   
 оперенные ноги  
 15/16

♀ ♂  
  
 $1a_1a_1a_2a_2$   
 неоперенные ноги  
 1/16



# Плейотропия

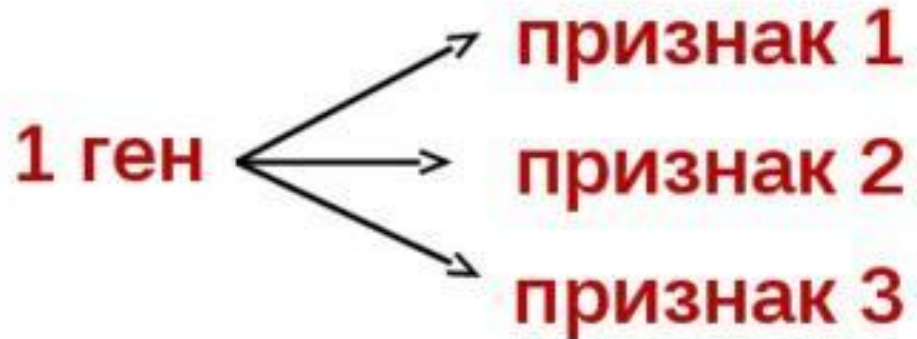
**Плейотропия** - явление множественного действия гена (один ген влияет на несколько фенотипических признаков)

Пример:

один белок-фермент, образующийся под контролем одного гена, определяет развитие не только данного признака, но и воздействует на вторичные реакции биосинтеза других признаков и свойств, вызывая их изменения (синдром Марфана)

# Плейотропные гены

— гены, влияющие сразу на несколько признаков.



- Ген **W** (*White*) кошек – белый цвет, голубые глаза, глухота.
- Блокирует миграцию стволовых клеток меланоцитов к коже
- В норме слуховые рецепторы возникают из тех же стволовых клеток, что и меланоциты → их отсутствие влечет глухоту.

# Правила при решении генетических задач

**Правило первое.** Если при скрещивании двух фенотипически одинаковых особей в их потомстве наблюдается расщепление признаков, то эти особи гетерозиготные

**Правило второе.** Если в результате скрещивания особей, отличающихся фенотипически по одной паре признаков, получается потомство, у которого наблюдается расщепление по этой же паре признаков, то одна из родительских особей гетерозиготная, а другая – гомозиготная по рецессивному признаку.

**Правило третье.** Если при скрещивании фенотипически одинаковых особей (по одной паре признаков) в первом поколении гибридов происходит расщепление признаков на три фенотипические группы в отношениях  $1:2:1$ , то это свидетельствует о неполном доминировании и о том, что родительские особи гетерозиготные.

**Правило четвертое.** Если при скрещивании двух фенотипически одинаковых особей в потомстве происходит расщепление признаков в соотношении  $9:3:3:1$ , то исходные особи были дигетерозиготные.

**Правило пятое.** Если при скрещивании двух фенотипически одинаковых особей в потомстве происходит расщепление признаков в соотношении  $9:3:4$ ,  $9:6:1$ ,  $9:7$ ,  $12:3:1$ , то это свидетельствует о взаимодействии генов, а расщепление в отношениях  $12:3:1$ ,  $13:3$  и  $15:1$  – об эпистатическом взаимодействии генов.

# Полигибридное скрещивание (формулы)

$(3 : 1)^2$  – расщепление по фенотипу

$(1 : 2 : 1)^2$  – расщепление по генотипу

$2^n$  – количество типов гамет

$2^n$  – количество фенотипических классов

$3^n$  – количество генотипических классов

$4^n$  – число возможных комбинаций, сочетаний гамет

где  $n$  – число аллелей, пар признаков

- **Спасибо за  
внимание!**