

# ГЕНЕТИКА. ЛЕКЦИЯ № 1.

- ХРОМОСОМНАЯ ТЕОРИЯ НАСЛЕДСТВЕННОСТИ.
  - ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ.
- РАСЩЕПЛЕНИЕ ПРИ МОНО-, ДИ- И ПОЛИГИБРИДНОМ СКРЕЩИВАНИИ.
  - ОТКЛОНЕНИЯ ОТ РАСЩЕПЛЕНИЯ. ПРИЧИНЫ.
  - ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ГЕНОВ.
- НАСЛЕДОВАНИЕ ПРИЗНАКОВ, СЦЕПЛЕННЫХ С ПОЛОМ.
  - НЕЗАВИСИМОЕ И СЦЕПЛЕННОЕ НАСЛЕДОВАНИЕ.
- КРОССИНГОВЕР. ИНТЕРФЕРЕНЦИЯ. КОНВЕРСИЯ. НЕРАВНЫЙ КРОССИНГОВЕР, СОМАТИЧЕСКИЙ КРОССИНГОВЕР.
  - НАСЛЕДСТВЕННАЯ И НЕНАСЛЕДСТВЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ.
  - НОРМА РЕАКЦИИ ПРИЗНАКА. МОДИФИКАЦИИ И МОРФОЗЫ.

# ХРОМОСОМНАЯ ТЕОРИЯ НАСЛЕДСТВЕННОСТИ

- теория, согласно которой передача наследственной информации в ряду поколений связана с передачей хромосом, в которых в определённой и линейной последовательности расположены гены.

XX век.

Основателем теории является Томас Морган, за что он был награжден Нобелевской премии по физиологии и медицине.

Выводы опубликованы в 1915 году в книге «Механизм менделевской наследственности».



# ХРОМОСОМНАЯ ТЕОРИЯ НАСЛЕДСТВЕННОСТИ

## ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ТЕОРИИ:

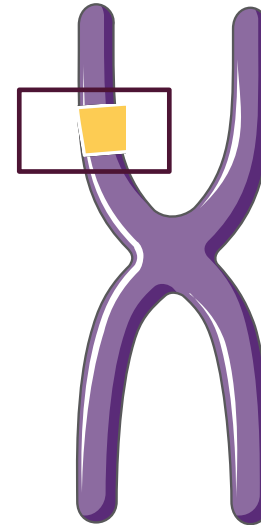
- Носителями наследственности являются гены, находящиеся в хромосомах.



# ХРОМОСОМНАЯ ТЕОРИЯ НАСЛЕДСТВЕННОСТИ

## ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ТЕОРИИ:

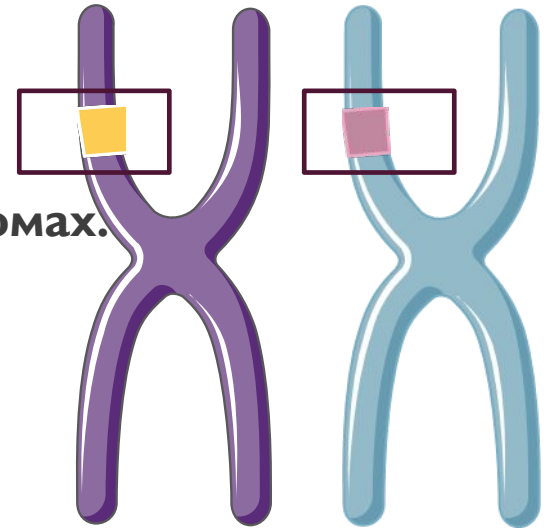
- Носителями наследственности являются гены, находящиеся в хромосомах.
- Каждый ген имеет в хромосоме строго определенное место – локус.



# ХРОМОСОМНАЯ ТЕОРИЯ НАСЛЕДСТВЕННОСТИ

## ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ТЕОРИИ:

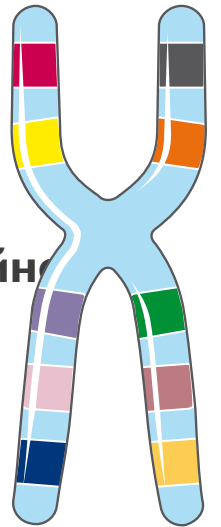
- Носителями наследственности являются гены, находящиеся в хромосомах.
- Каждый ген имеет в хромосоме строго определенное место – локус.
- **Аллельные гены занимают одинаковые локусы в гомологичных хромосомах.**



# ХРОМОСОМНАЯ ТЕОРИЯ НАСЛЕДСТВЕННОСТИ

## ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ТЕОРИИ:

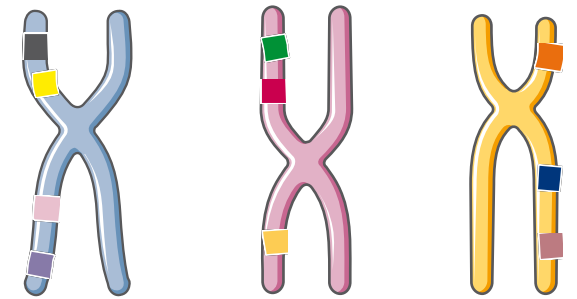
- Носителями наследственности являются гены, находящиеся в хромосомах.
- Каждый ген имеет в хромосоме строго определенное место – локус.
- Аллельные гены занимают одинаковые локусы в гомологичных хромосомах.
- **Каждая хромосома одержит десятки тысяч генов, которые располагаются в ней линейно**



# ХРОМОСОМНАЯ ТЕОРИЯ НАСЛЕДСТВЕННОСТИ

## ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ТЕОРИИ:

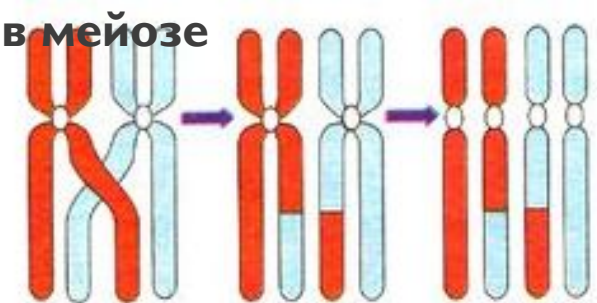
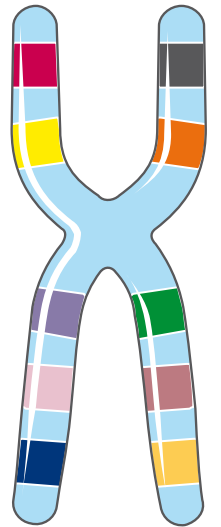
- Носителями наследственности являются гены, находящиеся в хромосомах.
- Каждый ген имеет в хромосоме строго определенное место – локус.
- Аллельные гены занимают одинаковые локусы в гомологичных хромосомах.
- Каждая хромосома одержит десятки тысяч генов, которые располагаются в ней линейно.
- **Различные хромосомы содержат неодинаковое число генов. Кроме того, набор генов каждой из негомологичных хромосом уникален.**



# ХРОМОСОМНАЯ ТЕОРИЯ НАСЛЕДСТВЕННОСТИ

## ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ТЕОРИИ:

- Носителями наследственности являются гены, находящиеся в хромосомах.
- Каждый ген имеет в хромосоме строго определенное место – локус.
- Аллельные гены занимают одинаковые локусы в гомологичных хромосомах.
- Каждая хромосома одержит десятки тысяч генов, которые располагаются в ней линейно.
- Различные хромосомы содержат неодинаковое число генов. Кроме того, набор генов каждой из негомологичных хромосом уникален.
- Гены в одной хромосоме называются сцепленными и образуют группу сцепления, т. е. наследуются совместно. Число групп сцепления равно гаплоидному набору хромосом.
- Сцепление нарушается в результате независимого расхождения хромосом в мейозе и обмена между участками гомологичных хромосом (кроссинговера).

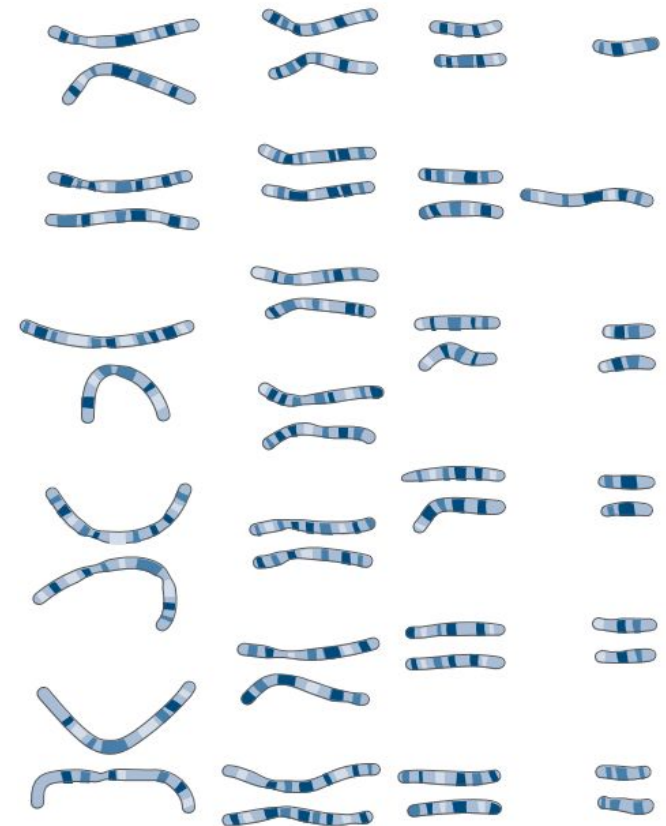




# ХРОМОСОМНАЯ ТЕОРИЯ НАСЛЕДСТВЕННОСТИ

## ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ТЕОРИИ:

- Носителями наследственности являются гены, находящиеся в хромосомах.
- Каждый ген имеет в хромосоме строго определенное место – локус.
- Аллельные гены занимают одинаковые локусы в гомологичных хромосомах.
- Каждая хромосома одержит десятки тысяч генов, которые располагаются в ней линейно.
- Различные хромосомы содержат неодинаковое число генов. Кроме того, набор генов каждой из нехомологичных хромосом уникален.
- Гены в одной хромосоме называются сцепленными и образуют группу сцепления, т.е. наследуются совместно. Число групп сцепления равно гаплоидному набору хромосом.
- Сцепление нарушается в результате независимого расхождения хромосом в мейозе и обмена между участками гомологичных хромосом (кроссинговера).
- **Каждый биологический вид характеризуется определенным набором хромосом — кариотипом.**



# ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

- исследование генотипа отдельных особей, групп особей и генетической структуры популяций, в том числе линий, штаммов, сортов, пород и т.д.

Задачи генетического анализа:

- установление признаков и генов, которые будут исследоваться
- локализация генов, составление генетической карты
- идентификация функции гена, установление природы мутации
- определение, чем регулируется признак.

# ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

- исследование генотипа отдельных особей, групп особей и генетической структуры популяций, в том числе линий, штаммов, сортов, пород и т.д.

Уровни исследования:

- Молекулярный.
- Субклеточный.
- Клеточный.
- Организменный.
- Популяционный.

# ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ. МЕТОДЫ.

- ▣ **Гибридологический метод**
- ▣ Генеалогический
- ▣ Близнецовый метод
- ▣ Цитогенетический метод
- ▣ Мутационные методы
- ▣ Молекулярно-генетические  
биохимические и физико-химические
- ▣ Популяционный
- ▣ Онтогенетический метод
- ▣ Математический метод
- ▣ Метод моделирования

*- способ изучения наследственных свойств организма путём скрещивания его с родственной формой и последующим анализом признаков потомства.*

# ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ. МЕТОДЫ.

- Гибридологический метод
- **Генеалогический**
- Близнецовый метод
- Цитогенетический метод
- Мутационные методы
- Молекулярно-генетические  
биохимические и физико-химические
- Популяционный
- Онтогенетический метод
- Математический метод
- Метод моделирования

*— заключается в анализе родословных и позволяет определить тип наследования (доминантный, рецессивный, аутосомный или сцепленный с полом) признака, а также его моногенность или полигенность. На основе полученных сведений прогнозируют вероятность проявления изучаемого признака в потомстве, что имеет большое значение для предупреждения наследственных заболеваний.*

# ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ. МЕТОДЫ.

- Гибридологический метод
- Генеалогический
- **Близнецовый метод**
- Цитогенетический метод
- Мутационные методы
- Молекулярно-генетические  
биохимические и физико-химические
- Популяционный
- Онтогенетический метод
- Математический метод
- Метод моделирования

*- заключается в анализе и сравнении изменчивости признаков в пределах различных групп близнецов, позволяет оценить относит, роль генотипа и внешних условий в наблюдаемой изменчивости. Особенно важен этот метод при работе с малоплодовитыми организмами, имеющими поздние сроки наступления половой зрелости (например, крупный рогатый скот), а также в генетике человека.*

# ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ. МЕТОДЫ.

- Гибридологический метод
- Генеалогический
- Близнецовый метод
- **Цитогенетические методы**
- Мутационные методы
- Молекулярно-генетические  
биохимические и физико-химические
- Популяционный
- Онтогенетический метод
- Математический метод
- Метод моделирования

*это методы изучения хромосом: подсчет их числа, описание структуры, поведения при делении клетки, а также связь между изменением структуры хромосом с изменчивостью признаков.*

*Цитогенетические методы так же заключаются в цитологическом анализе генетических структур и явлений на основе гибридологического анализа с целью сопоставления генетических явлений со структурой и поведением хромосом и их участков (анализ хромосомных и геномных мутаций, построение цитологических карт хромосом, цитохимическое изучение активности генов и т. п.).*

# ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ. МЕТОДЫ.

- ▣ Гибридологический метод
- ▣ Генеалогический
- ▣ Близнецовый метод
- ▣ Цитогенетический метод
- ▣ **Мутационные методы**
- ▣ Молекулярно-генетические  
биохимические и физико-химические
- ▣ Популяционный
- ▣ Онтогенетический метод
- ▣ Математический метод
- ▣ Метод моделирования

*- позволяет установить особенности, закономерности и механизмы мутагенеза, помогает в изучении структуры и функции генов. Особое значение мутационный метод приобретает при работе с организмами, размножающимися бесполом путём, и в генетике человека, где возможности гибридологического анализа крайне затруднены.*



# ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ. МЕТОДЫ.

- Гибридологический метод
- Генеалогический
- Близнецовый метод
- Цитогенетический метод
- Мутационные методы
- **Молекулярно-генетические**  
**биохимические и физико-химические**
- Популяционный
- Онтогенетический метод
- Математический метод
- Метод моделирования

*— методы включают разнообразные, направленные на изучение структуры и функции генетического материала и направлены на выяснение этапов пути «ген — признак» и механизмов взаимодействия различных молекул на этом пути.*

# ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ. МЕТОДЫ.

- Гибридологический метод
- Генеалогический
- Близнецовый метод
- Цитогенетический метод
- Мутационные методы
- Молекулярно-генетические  
биохимические и физико-химические
- **Популяционный**
- Онтогенетический метод
- Математический метод
- Метод моделирования

*- заключается в изучение генетической структуры популяций различных организмов: количественно оценивают распределение особей разных генотипов в популяции, анализируют динамику генетической структуры популяций под действием различных факторов (при этом используют создание модельных популяций).*

# ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ. МЕТОДЫ.

- Гибридологический метод
- Генеалогический
- Близнецовый метод
- Цитогенетический метод
- Мутационные методы
- Молекулярно-генетические  
биохимические и физико-химические
- Популяционный
- **Онтогенетический метод**
- Математический метод
- Метод моделирования

Поскольку определенные генетические заболевания развиваются только в определенном возрасте, возникает необходимость изучить фенотипические проявления в течение индивидуального развития человека. С помощью этого метода определяется присутствие рецессивных аллелей у гетерозигот.

# ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ. МЕТОДЫ.

- Гибридологический метод
- Генеалогический
- Близнецовый метод
- Цитогенетический метод
- Мутационные методы
- Молекулярно-генетические  
биохимические и физико-химические
- Популяционный
- Онтогенетический метод
- **Математический метод**
- Метод моделирования

С помощью математического метода можно рассчитать результаты эксперимента. Незаменим при изучении гибридов, а так же при исследовании наследования количественных признаков и изменчивости.

# ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ. МЕТОДЫ.

- Гибридологический метод
- Генеалогический
- Близнецовый метод
- Цитогенетический метод
- Мутационные методы
- Молекулярно-генетические  
биохимические и физико-химические
- Популяционный
- Онтогенетический метод
- Математический метод
- **Метод моделирования**

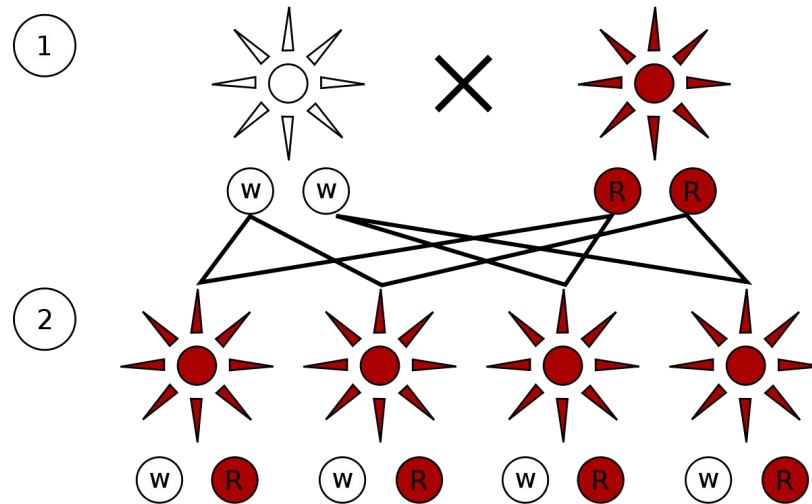
*Общий смысл этого метода выражает закон гомологических рядов наследственной изменчивости, сформулированный великим отечественным генетиком Н.И.Вавиловым. Согласно этому закону, виды и роды генетически близких организмов в одинаковых условиях демонстрируют изменение признаков в сходном направлении. Зная ряды измененных признаков у одного вида, можно предвидеть такие же изменения у другого вида.*

# РАСЩЕПЛЕНИЕ ПРИ МОНОГИБРИДНОМ СКРЕЩИВАНИИ.

Моногибридное скрещивание - скрещивание форм, отличающихся друг от друга по одной паре изучаемых альтернативных признаков, за которые отвечают аллели одного гена.

**Закон единообразия гибридов первого поколения, или первый закон Менделя**

При моногибридном скрещивании гомозиготных особей, имеющих разные значения альтернативных признаков, гибриды являются единообразными по генотипу и фенотипу.

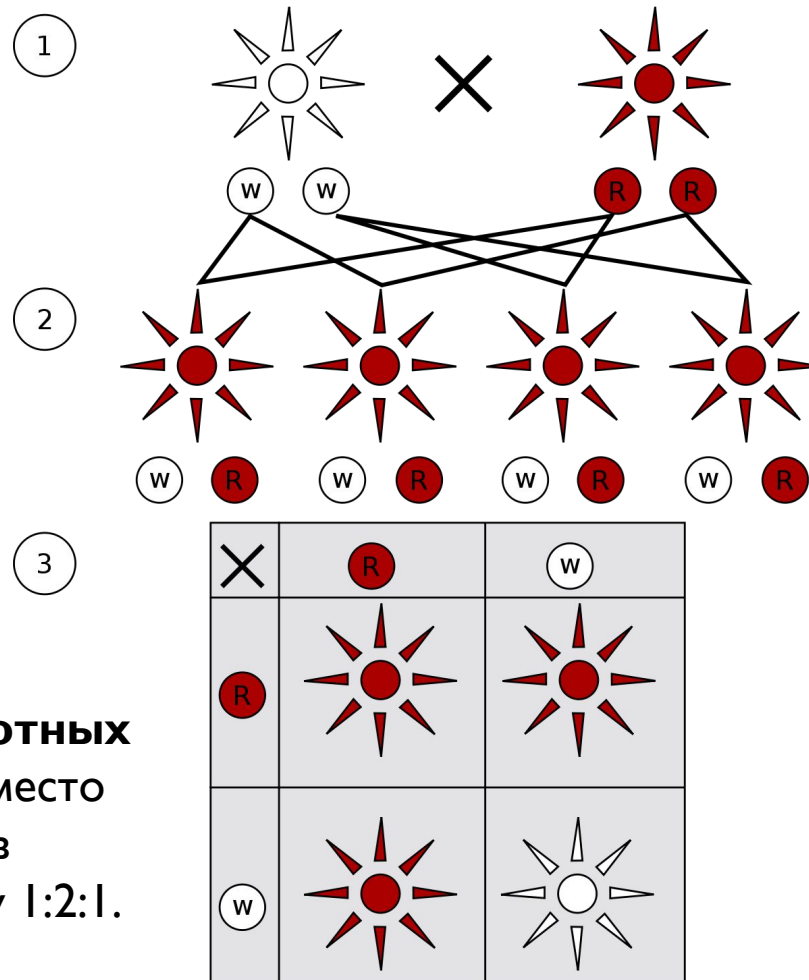


# РАСЩЕПЛЕНИЕ ПРИ МОНОГИБРИДНОМ СКРЕЩИВАНИИ.

Моногибридное скрещивание - скрещивание форм, отличающихся друг от друга по одной паре изучаемых альтернативных признаков, за которые отвечают аллели одного гена.

## Закон расщепления, или второй закон Менделя

При моногибридном скрещивании гетерозиготных особей у гибридов имеет место расщепление по фенотипу в отношении 3:1, по генотипу 1:2:1.

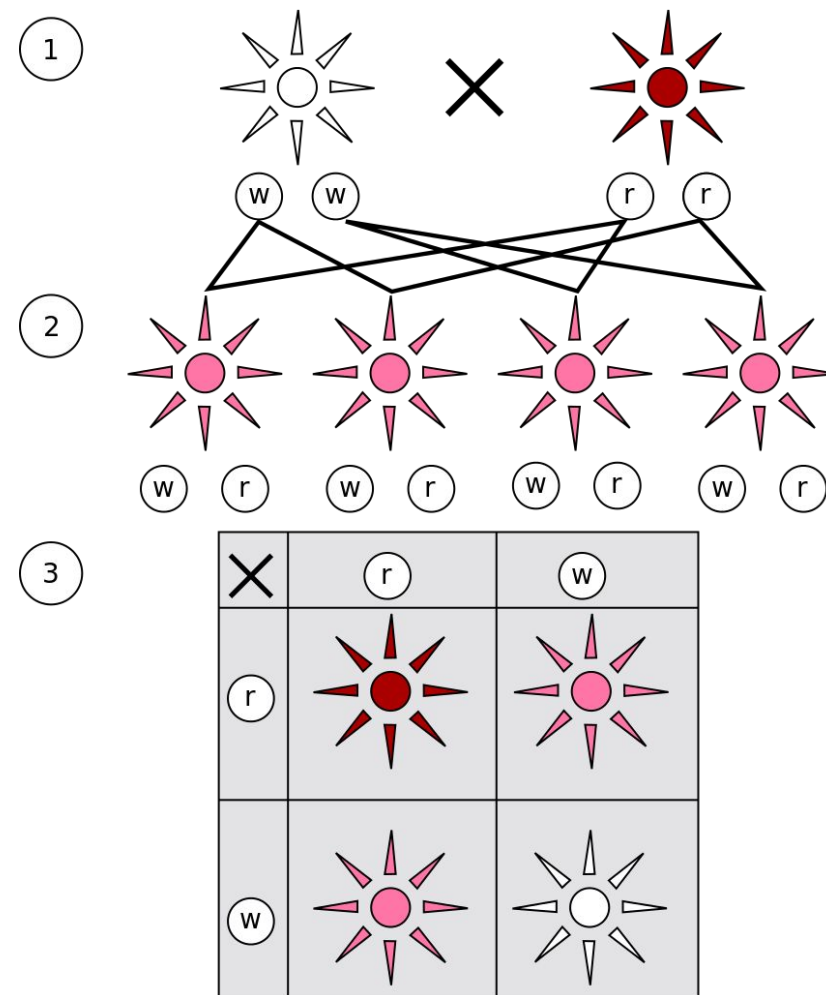
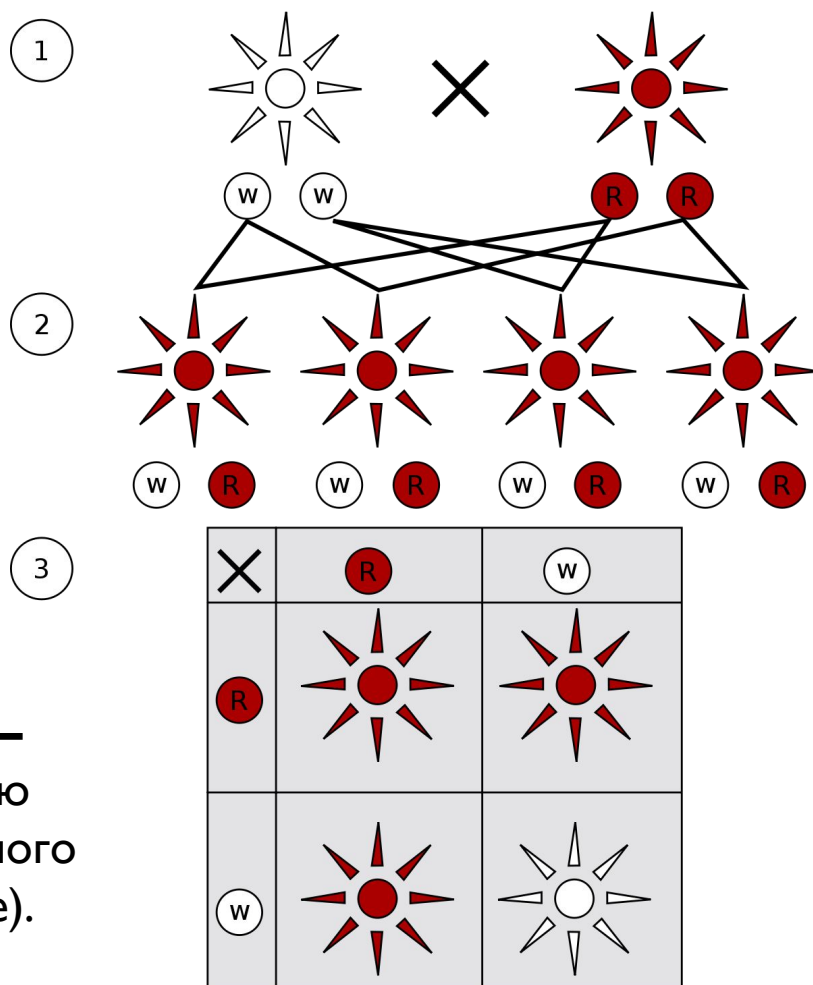


# РАСЩЕПЛЕНИЕ ПРИ МОНОГИБРИДНОМ СКРЕЩИВАНИИ.

Моногибридное скрещивание - скрещивание форм, отличающихся друг от друга по одной паре изучаемых альтернативных признаков, за которые отвечают аллели одного гена.

**Полное доминирование** – доминантный ген полностью подавляет действие рецессивного.

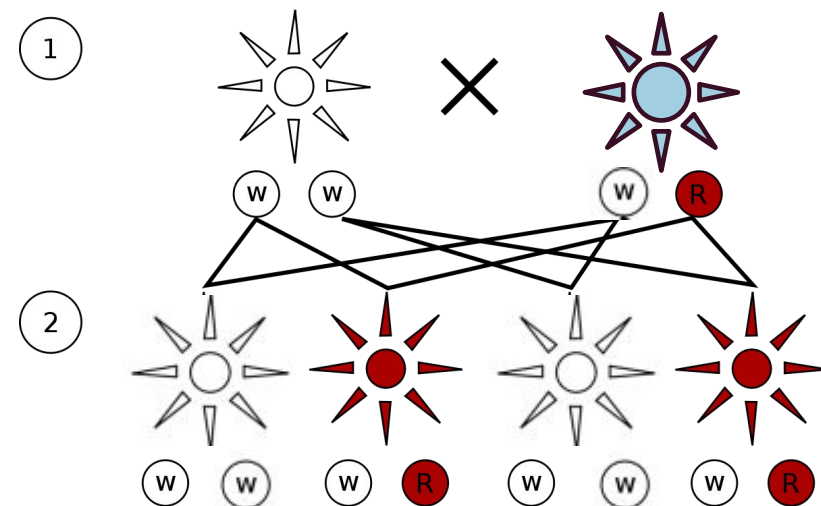
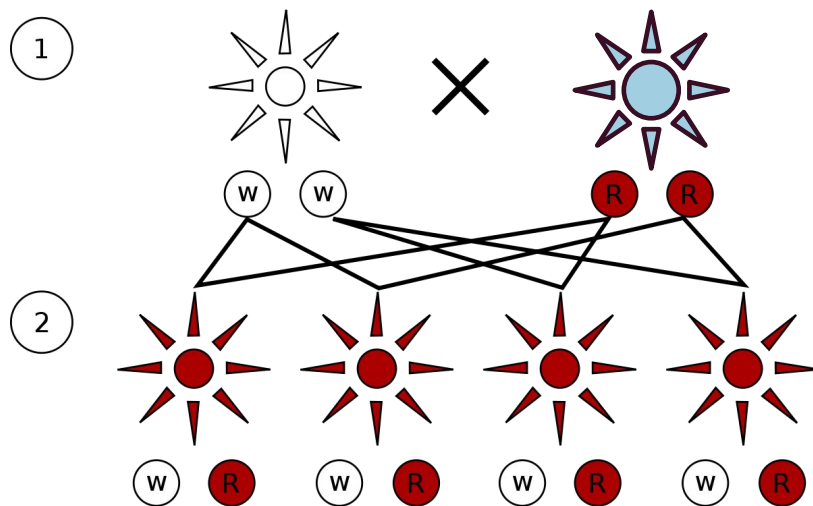
**Неполное доминирование** – доминантный ген не полностью подавляет действие рецессивного (промежуточное наследование).





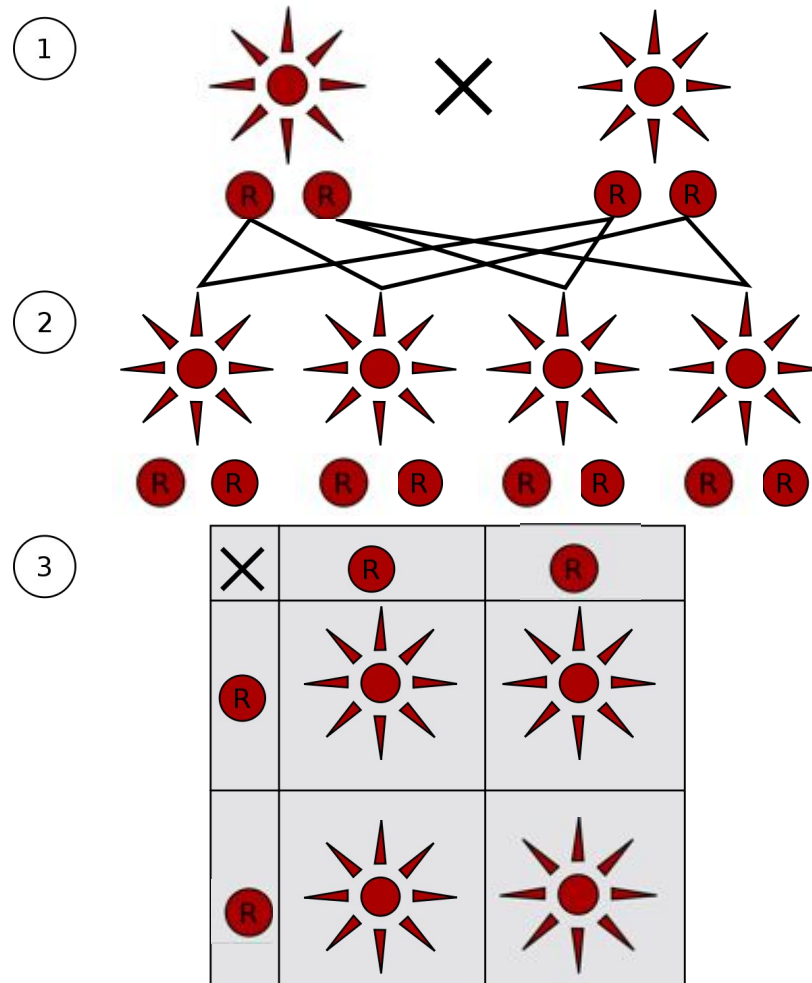
# РАСЩЕПЛЕНИЕ ПРИ МОНОГИБРИДНОМ СКРЕЩИВАНИИ.

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



# РАСЩЕПЛЕНИЕ ПРИ МОНОГИБРИДНОМ СКРЕЩИВАНИИ.

**Чистая линия** — группа организмов, имеющих некоторые признаки, которые полностью передаются потомству в силу генетической однородности всех особей. В случае гена, имеющего несколько аллелей, все организмы, относящиеся к одной **чистой линии**, являются гомозиготными по одному и тому же аллелю данного гена.

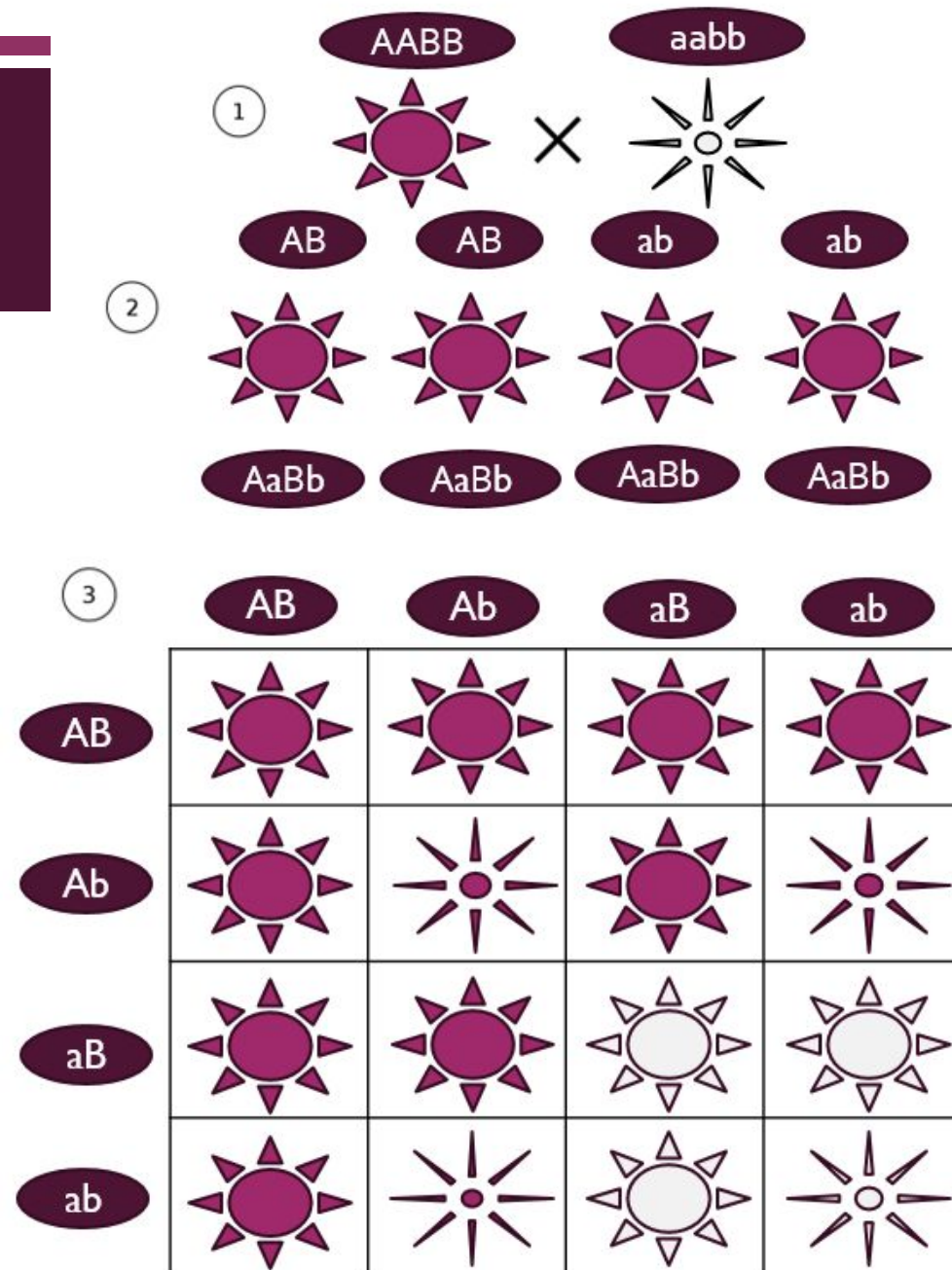


# РАСЩЕПЛЕНИЕ ПРИ ДИГИБРИДНОМ СКРЕЩИВАНИИ.

**Дигибридное скрещивание** — скрещивание организмов, различающихся по двум парам альтернативных признаков.

**Закон независимого комбинирования (наследования) признаков, или третий закон Менделя.**

При дигибридном скрещивании дигетерозигот у гибридов имеет место расщепление по фенотипу в отношении 9:3:3:1, по генотипу в отношении 4:2:2:2:1:1:1:1, признаки наследуются независимо друг от друга и комбинируются во всех возможных сочетаниях.



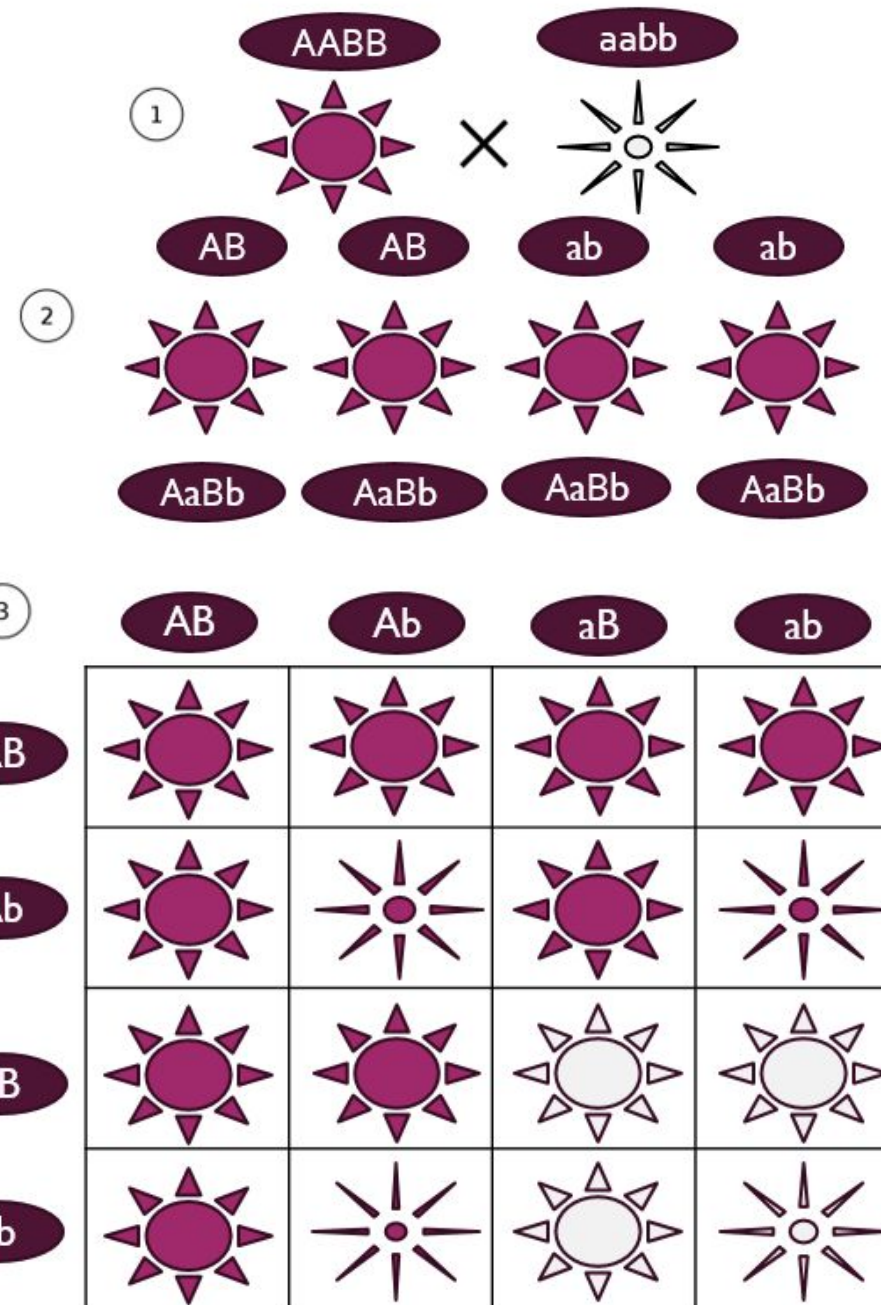
Решетка Пеннета

# РАСЩЕПЛЕНИЕ ПРИ ДИГИБРИДНОМ СКРЕЩИВАНИИ.

**Дигибридное скрещивание** — скрещивание организмов, различающихся по двум парам альтернативных признаков.

Расщепления, характерные для независимого наследования при дигибридном скрещивании:

- 1) Расщепления нет — скрещивали двух гомозигот  $AABB$  х  $aabb$  (или  $Aabb$  х  $aaBB$ ).
- 2) Расщепление  $9:3:3:1$  — скрещивали двух дигетерозигот  $AaBb$  х  $AaBb$  (третий закон Менделя).
- 3) Расщепление  $1:1:1:1$  — скрещивали дигетерозиготу и рецессивную гомозиготу  $AaBb$  х  $aabb$  (анализирующее скрещивание).



Решетка Пеннета

# РАСЩЕПЛЕНИЕ ПРИ ПОЛИГИБРИДНОМ СКРЕЩИВАНИИ.

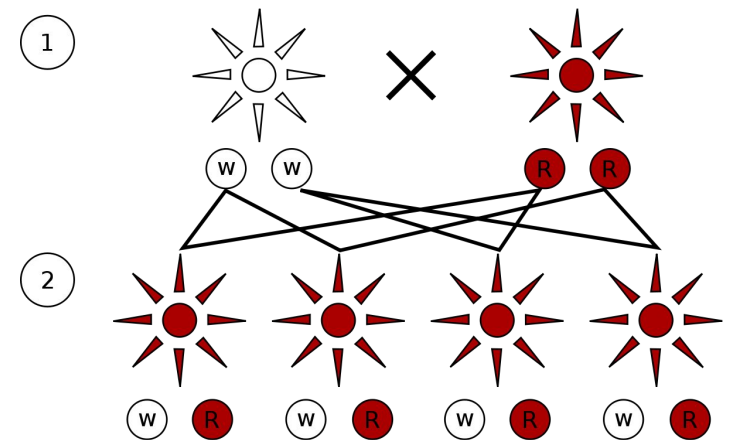
| Число пар признаков | Число гамет, образуемых $F_1$ | Число фенотипов в $F_2$ | Число генотипов в $F_2$ | Число клеток в решетке Пеннета |
|---------------------|-------------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------------|
| 1                   | 2                             | 2                       | 3                       | 4                              |
| 2                   | $2^2 = 4$                     | $2^2 = 4$               | $3^2 = 9$               | $4^2 = 16$                     |
| 3                   | $2^3 = 8$                     | $2^3 = 8$               | $3^3 = 27$              | $4^3 = 64$                     |
| 4                   | $2^4 = 16$                    | $2^4 = 16$              | $3^4 = 81$              | $4^4 = 256$                    |
|                     |                               |                         |                         |                                |
| n                   | $2^n$                         | $2^n$                   | $3^n$                   | $4^n$                          |

# ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ГЕНОВ. АЛЛЕЛЬНЫЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

- полное доминирование
- неполное доминирование
- сверхдоминирование
- кодоминирование
- множественный аллелизм

**Полное доминирование** – взаимодействие двух аллелей одного гена, при котором один из аллелей (доминантный) полностью маскирует действие другого (рецессивного).

*Доминантные аллели обозначаются латинскими заглавными буквами, рецессивные – строчными. В том случае, когда существует много вариантов гена, доминирование аллелей друг относительно друга обозначают:  $A > a_1 > a_2 > a_3$ .*



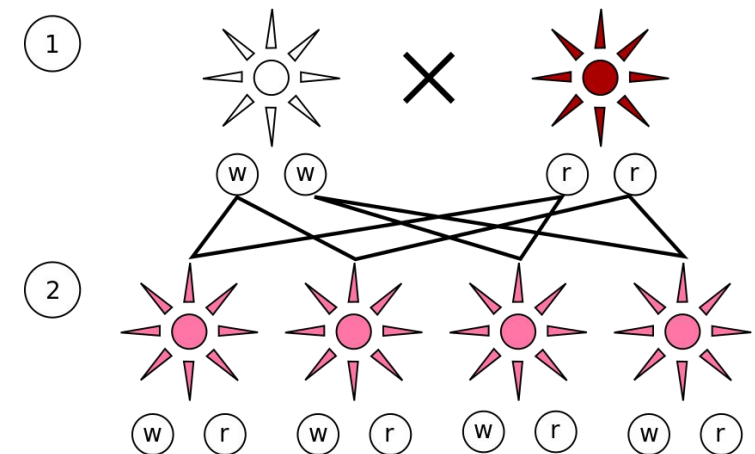


# ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ГЕНОВ. АЛЛЕЛЬНЫЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

- полное доминирование
- **неполное доминирование**
- сверхдоминирование
- кодоминирование
- множественный аллелизм

**Неполное доминирование** – доминантный аллель в гетерозиготном состоянии  $Aa$  не полностью подавляет действие рецессивного аллеля. Гетерозиготы имеют промежуточный признак.

*При скрещивании красноплодной земляники м/д собой всегда получаются красные ягоды ( $AA$ ), а при скрещивании белой – белые ( $aa$ ). В результате скрещивания обоих сортов м/д собой получаются розовые ягоды ( $Aa$  – промежуточный признак)*



# ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ГЕНОВ. АЛЛЕЛЬНЫЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

- полное доминирование
- неполное доминирование
- **сверхдоминирование**
- кодоминирование
- множественный аллелизм

**Сверхдоминирование** – когда доминантный ген в гетерозиготном состоянии проявляется сильнее, чем в гомозиготном.

*У дрозофил – AA – нормальная продолжительность жизни, Aa – удлиненная продолжит.жизни, aa – леталь.*

*Одним из характерных примеров сверхдоминирования является повышенная частота аллеля гена серповидноклеточной анемии в популяциях человека, живущих в условиях высокой вероятности заражения малярией. Мутантный аллель защищает организм от заболевания малярией. Гомозиготы по нормальному аллелю могут заболеть малярией и погибнуть, гомозиготы по мутантному аллелю — с высокой вероятностью гибнут от анемии. Гетрозиготы по этому гену не болеют серповидноклеточной анемией и устойчивы к малярии.*



# ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ГЕНОВ. АЛЛЕЛЬНЫЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

- полное доминирование
- неполное доминирование
- сверхдоминирование
- **кодоминирование**
- множественный аллелизм

**Кодоминирование** – проявление у гетерозигот  $Aa$  нового варианта признака. При этом, в отличие от неполного доминирования, оба аллеля проявляются в полной мере.

*Наследование группы крови. Три гена  $J^O$ ,  $J^A$  и  $J^B$  детерминируют наследование четырех групп крови человека по  $ABO$  системе антигенов.*

|                     |         | Группа крови отца |                            |                            |                            |                      |
|---------------------|---------|-------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------|
|                     |         | I (O)             | II (A)                     | III (B)                    | IV (AB)                    |                      |
| Группа крови матери | I (O)   | I (O)             | II (A)<br>I (O)            | III (B)<br>I (O)           | II (A)<br>III (B)          | Группа крови ребенка |
|                     | II (A)  | II (A)<br>I (O)   | II (A)<br>I (O)            | любая                      | II (A), III (B)<br>IV (AB) |                      |
|                     | III (B) | III (B)<br>I (O)  | любая                      | III (B)<br>I (O)           | II (A), III (B)<br>IV (AB) |                      |
|                     | IV (AB) | II (A)<br>III (B) | II (A), III (B)<br>IV (AB) | II (A), III (B)<br>IV (AB) | II (A), III (B)<br>IV (AB) |                      |

# ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ГЕНОВ. АЛЛЕЛЬНЫЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

- полное доминирование
- неполное доминирование
- сверхдоминирование
- кодоминирование
- **множественный аллелизм**

**Множественный аллелизм.** Есть несколько аллелей. Один и тот же аллель может быть доминантным по отношению к одному, но рецессивным по отношению к другому.

*У человека цвет глаз определяется серией из 4-х аллелей. Черный цвет глаз закодирован в аллеле  $A$  и доминирует над карим, определяющимся геном  $a_2$ . Тот в свою очередь доминирует над аллелем  $a_3$ , кодирующим голубые глаза. Аллель  $a_3$  доминирует над аллелем  $a_4$ , кодирующим серые глаза. То есть,  $A > a_1 > a_2 > a_3 > a_4$ .*



# ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ГЕНОВ. НЕАЛЛЕЛЬНЫЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

- **комплементарность**
- эпистаз
- полимерия
- плейотропия



**Комплементарность** – один доминантный ген дополняет действие другого доминантного гена и вместе они определяют признак, который отсутствовал родителей. Этот признак развивается только в присутствии обоих генов.

*Например, развитие нормального слуха определяют два гена:  $A$  (ответственный за нормальное развитие улитки уха) и  $B$  (ответственный за нормальное развитие слухового нерва). Поэтому, если хотя бы один из этих признаков не появляется (находится в гомозиготном по рецессивному состоянию), человек рождается глухим:  $AaBb$ ,  $AABb$  и  $AaBB$  — нормальный слух,  $aaBb$ ,  $aaBB$ ,  $Aabb$ ,  $AAbb$  — патология.*

# ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ГЕНОВ. НЕАЛЛЕЛЬНЫЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

- комплементарность
- эпистаз
- полимерия
- плейотропия

– один ген подавляет действие другого неаллельного гена.

$A > B$ .  $A$  – эпистатичный ген (ингибитор),  $B$  – гипостатичный ген. Типичные расщепления: 13:3, 12:3:1, 9:3:4.

Эпистаз может быть как **доминантным**, так и рецессивным.

*У тыквы доминантный ген  $Y$  вызывает появление желтой окраски плодов, а его рецессив  $y$  — зеленой. Кроме того, имеется доминантный ген  $W$ , подавляющий проявление любой окраски, в то время как его рецессив  $w$  не мешает окраске проявляться. Поэтому растения, имеющие в своем генотипе хотя бы один доминантный ген  $W$ , будут образовывать белые плоды независимо от того, какие аллели гена  $Y$  будут присутствовать в их генотипах. Например, у растений с генотипами  $YYWW$ ,  $YyWw$ ,  $yyWw$  плоды будут белые.*

# ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ГЕНОВ. НЕАЛЛЕЛЬНЫЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

- комплементарность
- эпистаз
- полимерия
- плейотропия

– один ген подавляет действие другого неаллельного гена.

$A > B$ .  $A$  – эпистатичный ген (ингибитор),  $B$  – гипостатичный ген. Типичные расщепления: 13:3, 12:3:1, 9:3:4.

Эпистаз может быть как доминантным, так и **рецессивным**.

*Эпистатическое действие рецессивного гена иллюстрирует наследование окраски шерсти у домовых мышей. Окраска агути (рыжевато-серая) определяется доминантным геном  $A$ , его рецессивный аллель  $a$  в гомозиготном состоянии определяет черную окраску. Доминантный ген другой пары  $C$  определяет развитие пигмента, а гомозиготы по его рецессивному аллелю  $c$  являются альбиносами (отсутствие пигмента в шерсти и радужной оболочке глаз). Особи, являющиеся доминантными гомозиготами по гену  $C$  или гетерозиготные по этому гену, будут иметь окраску шерсти в соответствии со своим генотипом по гену  $A$  (например,  $AACC$  и  $AACc$  будут рыжевато-серые агути,  $aaCC$  и  $aaCc$  – черные). Но все особи, гомозиготные по рецессивному гену-супрессору ( $AAcc$ ,  $Aacc$  и  $aacc$ ), будут альбиносами.*

# ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ГЕНОВ. НЕАЛЛЕЛЬНЫЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

- комплементарность
- эпистаз
- полимерия
- плейотропия

**Полимерия** – взаимодействие множественных генов, одновременно влияющих на развитие одного и того же признака. Степень проявления зависит от количества генов. Гены дублируют действие друг друга.

Полимерное взаимодействие неаллельных генов может быть кумулятивным и некумулятивным. При кумулятивной (накопительной) полимерии степень проявления признака зависит от суммарного действия нескольких генов. Чем больше доминантных аллелей генов, тем сильнее выражен тот или иной признак. Расщепление в F<sub>2</sub> по фенотипу при дигибридном скрещивании происходит в соотношении 1:4:6:4:1.

При некумулятивной полимерии признак проявляется при наличии хотя бы одного из доминантных аллелей полимерных генов. Количество доминантных аллелей не влияет на степень выраженности признака. Расщепление в F<sub>2</sub> по фенотипу при дигибридном скрещивании — 15:1.

*Пример полимерии — наследование цвета кожи у людей, который зависит (в первом приближении) от четырёх генов с кумулятивным эффектом.*

# ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ГЕНОВ. НЕАЛЛЕЛЬНЫЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

- комплементарность
- эпистаз
- полимерия
- **плейотропия**

**Плейотропия** – способность одного гена влиять на несколько фенотипических признаков.

*Синдром Марфана: аномалии хрусталика и арахнодактилия.*

# ОТКЛОНЕНИЕ ОТ РАСЩЕПЛЕНИЯ. ПРИЧИНЫ.

- неодинаковая жизнеспособность зигот;
- случайное нерасхождение гамет;
- неравная вероятность образования всех типов гамет;
- неравная вероятность встречи различных типов гамет;
- сцепление генов;
- сцепленное с полом наследование;
- различные типы взаимодействия генов;
- внеядерная наследственность и др.

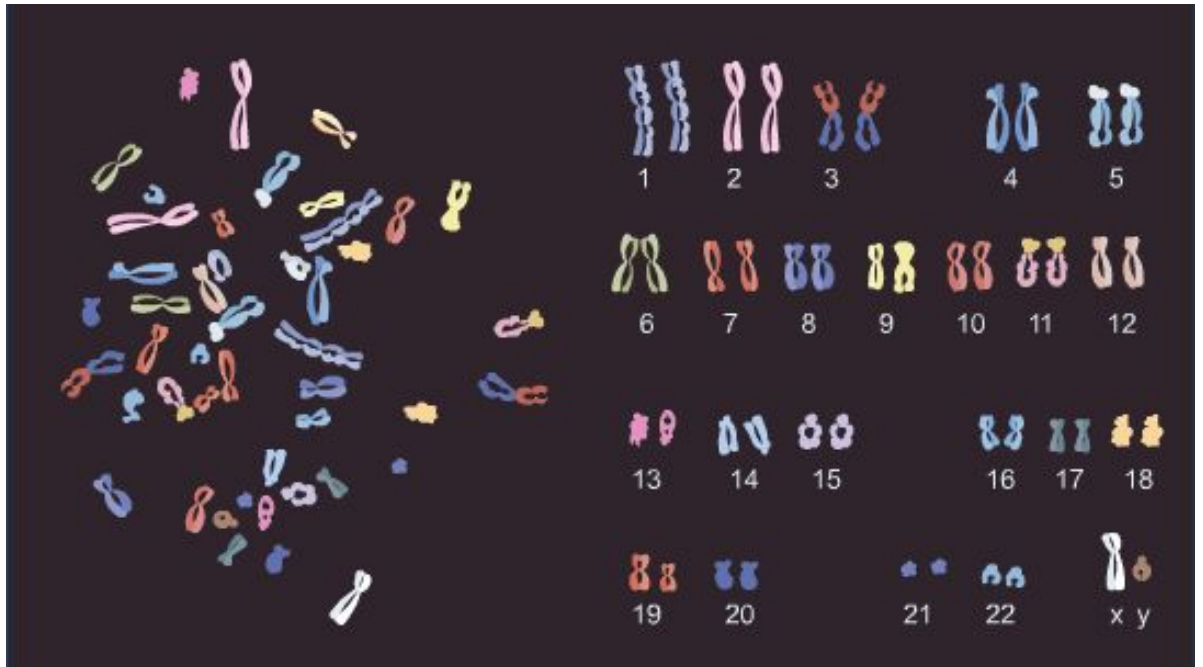


# НАСЛЕДОВАНИЕ ПРИЗНАКОВ, СЦЕПЛЕННЫХ С ПОЛОМ.

Диплоидный набор хромосом можно разделить на аутосомы и половые хромосомы. Половые отвечают за формирование мужского или женского пола.

Наследование признаков, гены которых находятся в X и Y хромосомах, называется наследованием, сцепленным с полом.

У человека известно около 150 признаков, сцепленных с полом.



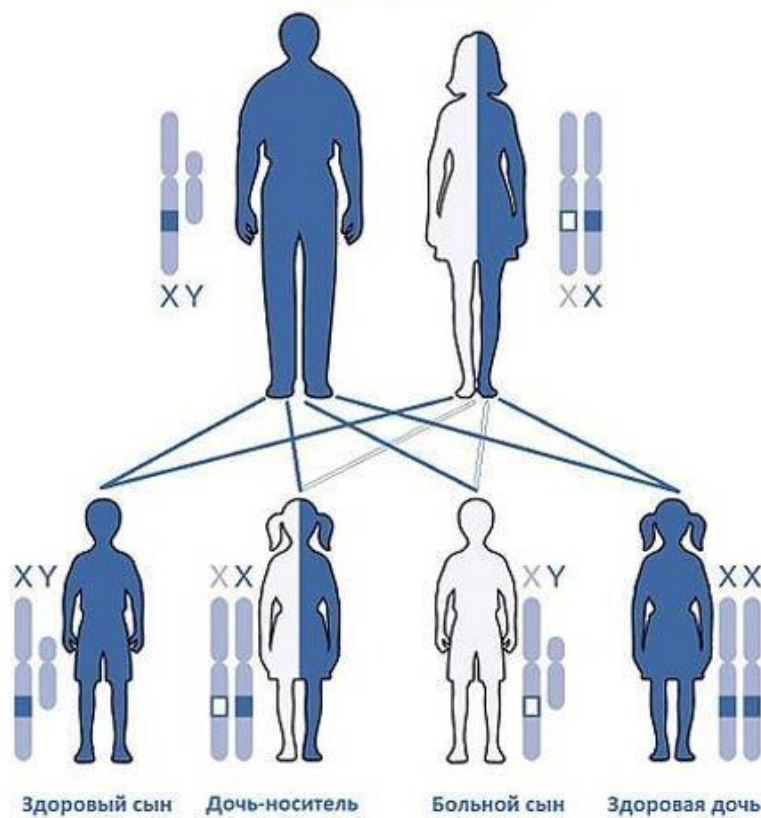
# НАСЛЕДОВАНИЕ ПРИЗНАКОВ, СЦЕПЛЕННЫХ С ПОЛОМ.

Особь женского пола может быть как гомо-, так и гетерозиготной по генам, локализованным в X-хромосоме.

Самцов называются гемизиготными по генам, расположенным в X-хромосоме.

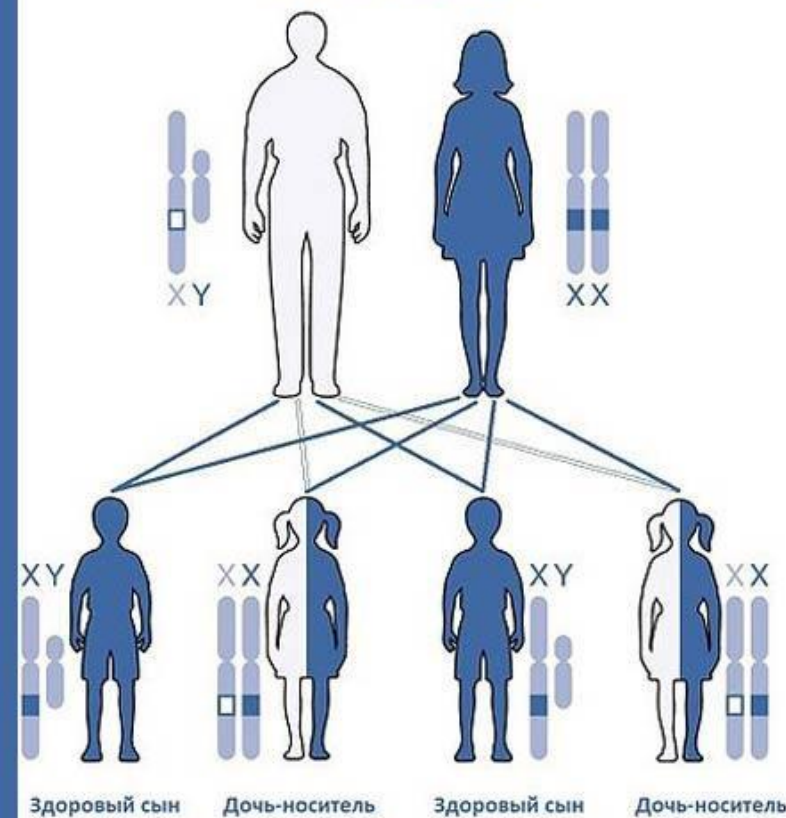
Х-сцепленное рецессивное наследование

Отец: здоров  
Мать: носитель

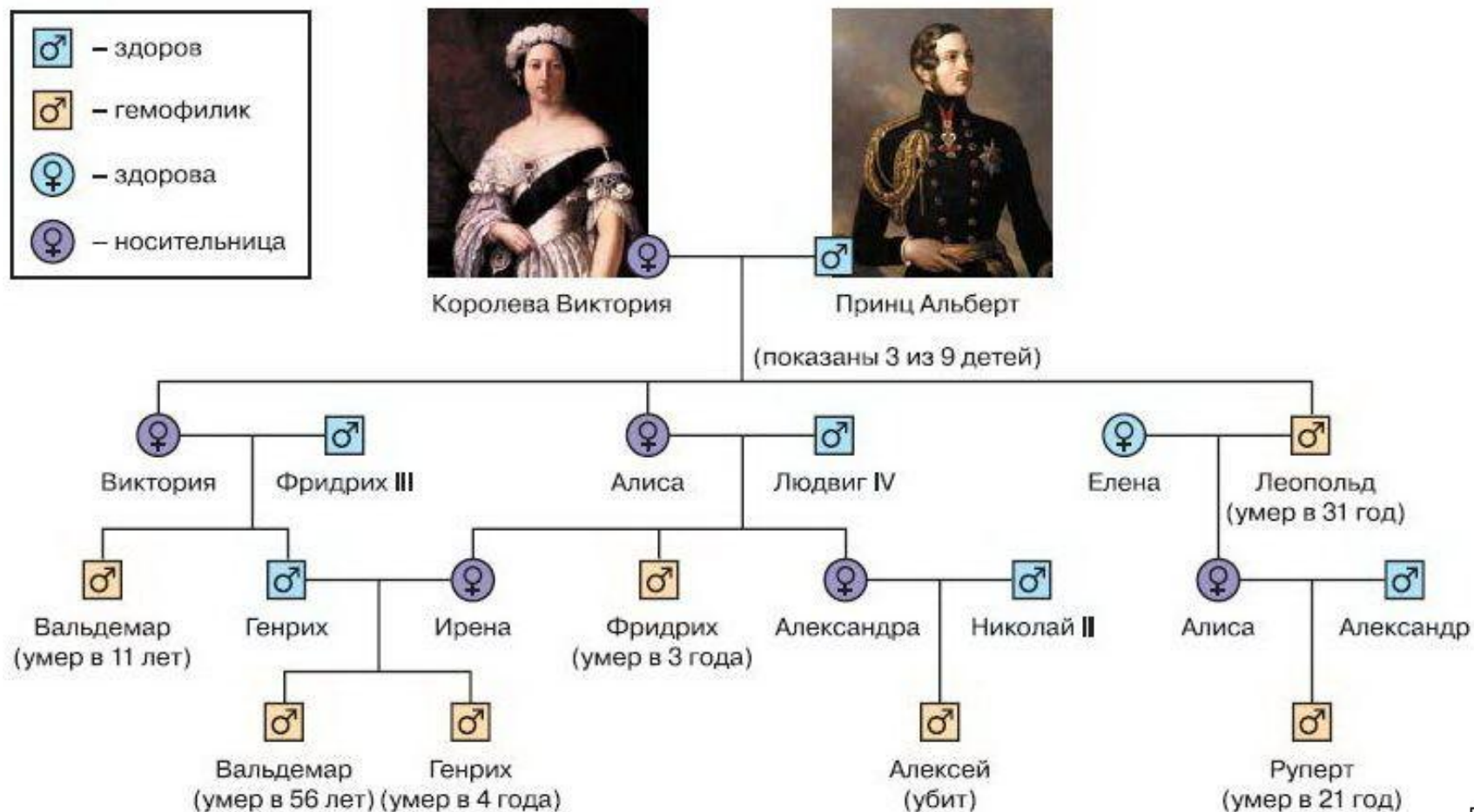


Х-сцепленное рецессивное наследование

Отец: болен  
Мать: здоровая



# НАСЛЕДОВАНИЕ ПРИЗНАКОВ, СЦЕПЛЕННЫХ С ПОЛОМ.



# НЕЗАВИСИМОЕ И СЦЕПЛЕННОЕ НАСЛЕДОВАНИЕ.

**Наследование** признаков, которые кодируются генами, локализованными в разных парах хромосом, осуществляется **независимо** друг от друга.

**Сцепленное наследование** — феномен скоррелированного **наследования** определённых состояний генов, расположенных в одной хромосоме. Полной корреляции не бывает из-за мейотического кроссинговера, так как **сцепленные** гены могут разойтись по разным гаметам.

**Правила Моргана:** *гены, локализованные в одной хромосоме, наследуются сцепленно, причём сила сцепления зависит от расстояния между генами.*

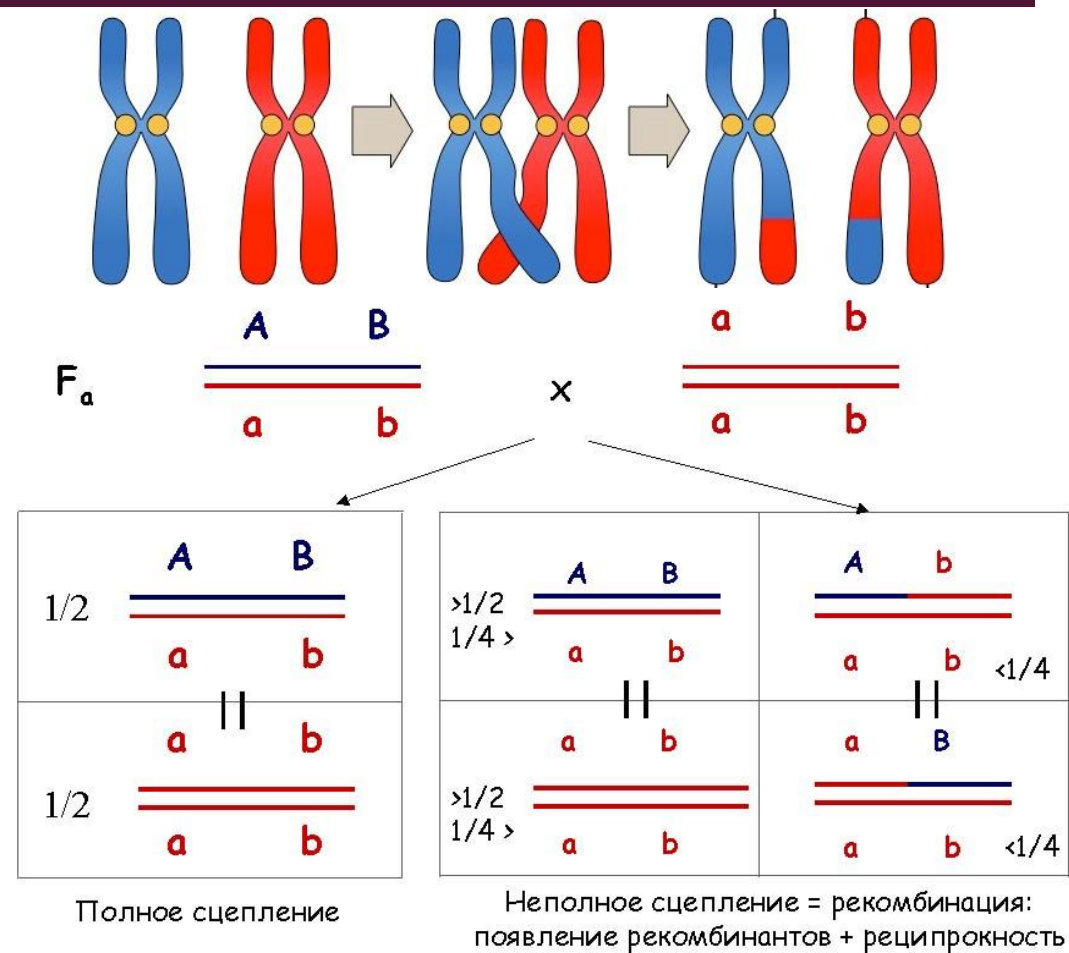
# КРОССИНГОВЕР.

Кроссинговер - процесс обмена участками гомологичных хромосом во время конъюгации в профазе I мейоза.

Процент кроссинговера равен :  
число кроссоверов/число всех особей.

Частота кроссинговера показывает относительное расстояние между генами: чем чаще осуществляется кроссинговер, тем дальше отстоят гены друг от друга в хромосоме. Чем реже кроссинговер, тем они ближе.

На этом принципе основан процесс построения генетических карт.



$$\text{Частота кроссинговера} = f(AB) = f_{AB} = \frac{\sum Ab, aB}{\sum AB, ab, Ab, aB}$$

# ИНТЕРФЕРЕНЦИЯ.

**Кроссоверные события влияют друг на друга. Это влияние называется интерференцией.**

Величину интерференции можно выразить с помощью так называемого **коэффициента коинциденции С**, который отражает отклонение наблюдаемой частоты двойных кроссоверов от той, которая ожидалась бы в случае их независимости друг от друга (мера интерференции, представляющая собой отношение фактической частоты двойных кроссинговеров к теоретически ожидаемой при отсутствии интерференции).

Рекомбинации между тремя локусами, расположенными в порядке  $a - b - c$  для одного скрещивания:

$$C = r_{double} / r_{ab} * r_{bc}.$$

Так, если частота рекомбинации между генами  $A$  и  $B$  составляет 10%, между  $B$  и  $C$  - 15%, а число двойных рекомбинантов ( $AbC$  и  $aBc$ ) — 0,045%, то коэффициент коинциденции составляет:  $C = 0,00045 / (0,1 \times 0,15) = 0,03$ .

Интерференция считается **положительной**, если коэффициент коинциденции меньше единицы.

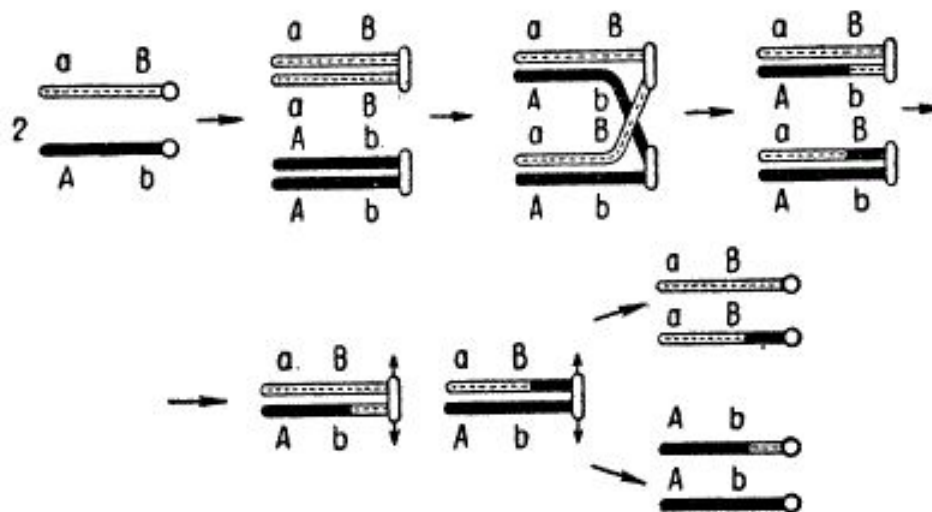
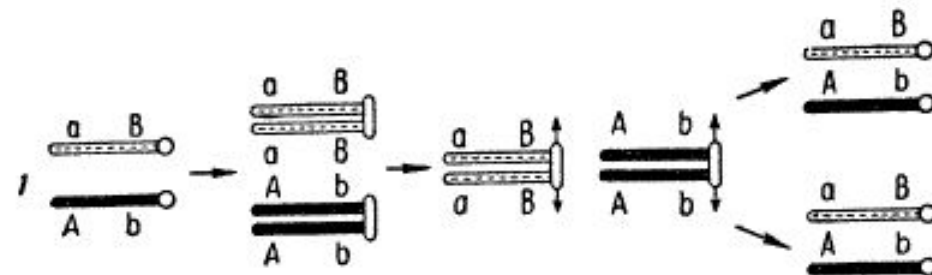
В реальности интерференция почти всегда положительна (кроссинговер, произошедший в одном месте хромосомы, подавляет кроссинговер в близлежащих районах).



# СОМАТИЧЕСКИЙ КРОССИНГОВЕР.

Кроссинговер может происходить не только в мейозе, но и в соматических клетках в ходе митоза. Гомологичные хромосомы в интерфазе конъюгируют и входят в митотическое деление спаренными.

Разница в том, что в мейозе инвазия в основном происходит в молекулу ДНК гомолога, а не сестринской хроматиды (так как инвазии в сестринскую хроматиду чисто механически мешает уже сформировавшийся к тому времени осевой элемент синаптонемного комплекса).



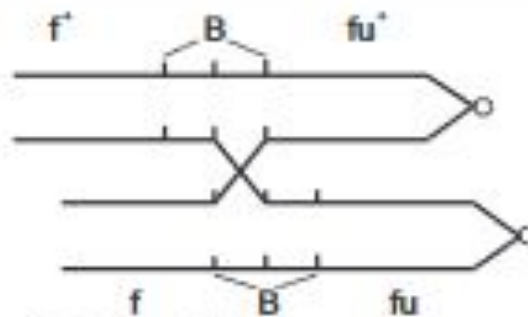
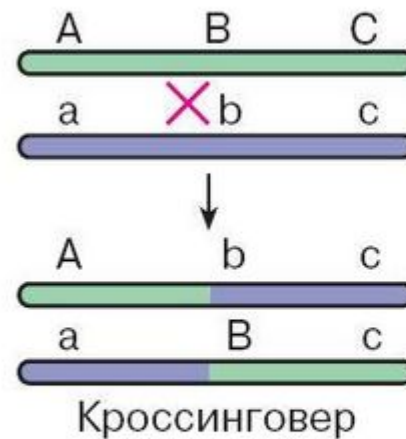
1 — поведение пары гомологичных хромосом в митозе в отсутствии соматического кроссинговера, генотипы образовавшихся клеток одинаковы (AaBb); 2 — при наличии соматического кроссинговера, генотипы образовавшихся клеток различаются (aaBB, AAbb).

# НЕРАВНЫЙ КРОССИНГОВЕР.

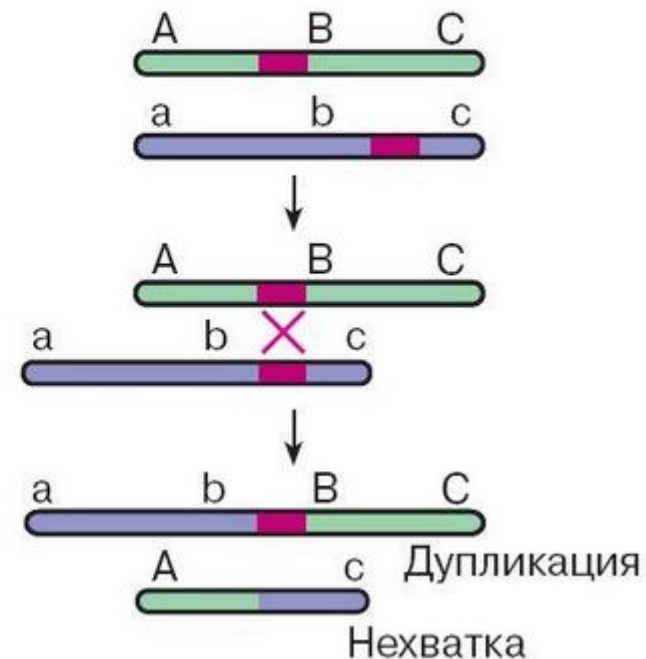
**Неравный кроссинговер** — кроссинговер, в результате которого образуются сестринские кроссоверные хроматиды, различающиеся по количеству заключенного в них генетического материала.

В основе неравного кроссинговера лежит неправильное спаривание дублированных сегментов рекомбинирующих хроматид, в результате которого в одной хроматиде остается 1 копия, а в другой — 3 копии данного сегмента.

Равный кроссинговер

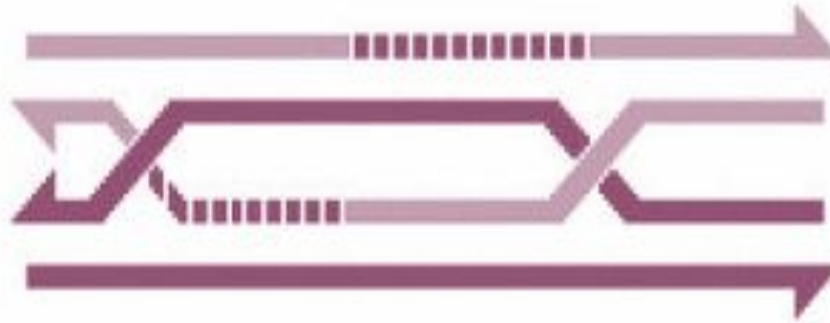


Неравный кроссинговер





# КОНВЕРСИЯ.



Разрешение структур Холлидея состоит в разрезании перекрещивающихся цепей и сшивании их таким образом, что перекрест между хроматидами исчезает. Это может происходить по одному из двух вариантов – либо по *конверсионному* пути, либо по *рекомбинационному* пути.

*Если и левая, и правая полухиазмы разрешились по конверсионному пути, то обе участвовавшие в обмене хроматиды в конечном счете получают обратно свои цепи ДНК, которые могут нести изменения только в области, побывавшей в составе D-петли – это конверсия.*

*Но если одна полухиазма разрешилась по конверсионному, а вторая по рекомбинационному пути, то получается настоящий обмен участками (а не только в области D-петли) – это кроссинговер.*

# НАСЛЕДСТВЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ.

**Изменчивость** - один из основных факторов эволюции, является источником для искусственного и естественного отборов.

**Наследственная изменчивость** - изменения признаков организма, которые определяются генотипом и передаются в ряду поколений. **Все эти типы наследственных изменений составляют материал эволюционного процесса.**

Наследственная изменчивость может быть **комбинативной и мутационной.**

Причины **комбинативной изменчивости**:

- Независимое расхождения хромосом в мейозе
- Случайная встреча гамет во время оплодотворения
- Кроссинговер

**Мутационная изменчивость** является результатом спонтанных и индуцированных мутаций.

# НЕНАСЛЕДСТВЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ.

**Ненаследственная (модификационная изменчивость)** — это результат не изменений генотипа, а его реакции на условия окружающей среды. При модификационной изменчивости наследственный материал не изменяется, — изменяется проявление генов.

Характеристика модификационной изменчивости

- обратимость — изменения исчезают при смене специфических условий окружающей среды, спровоцировавших их
- групповой характер
- изменения в фенотипе не наследуются, наследуется норма реакции генотипа
- статистическая закономерность вариационных рядов
- затрагивает фенотип, при этом не затрагивая сам генотип.

# НОРМА РЕАКЦИИ ПРИЗНАКА.

**Норма реакции — спектр возможных уровней экспрессии генов, из которого выбирается уровень экспрессии, наиболее подходящий для данных условий окружающей среды.** Норма реакции имеет пределы или границы для каждого биологического вида (нижний и верхний) — например, усиленное кормление приведёт к увеличению массы животного, однако она будет находиться в пределах нормы реакции, характерной для данного вида или породы. Норма реакции генетически детерминирована и наследуется. Для разных признаков пределы нормы реакции сильно различаются. Например, широкие пределы нормы реакции имеют величина удоя, продуктивность злаков и многие другие количественные признаки, узкие пределы — интенсивность окраски большинства животных и многие другие качественные признаки.

Тем не менее, для некоторых количественных признаков характерна узкая норма реакции (жирность молока, число пальцев на ногах у морских свинок), а для некоторых качественных признаков — широкая (например, сезонные изменения окраски у многих видов животных северных широт). Кроме того, граница между количественными и качественными признаками иногда весьма условна.

# НЕНАСЛЕДСТВЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ. КЛАССИФИКАЦИЯ.

По изменяющимся признакам организма:

- морфологические изменения
- физиологические и биохимические адаптации

По размаху нормы реакции

- узкая (более характерна для качественных признаков)
- широкая (более характерна для количественных признаков)

По значению:

- **модификации** (полезные для организма — проявляются как приспособительная реакция на условия окружающей среды)
- **морфозы** (ненаследственные изменения фенотипа под влиянием экстремальных факторов окружающей среды или модификации, возникающие как выражение вновь возникших мутаций, не имеющие приспособительного характера)
- фенокопии (различные ненаследственные изменения, копирующие проявление различных мутаций) — разновидность морфозов

По длительности:

- есть лишь у особи или группы особей, которые подверглись влиянию окружающей среды (не наследуются)
- длительные модификации — сохраняются на два-три поколения