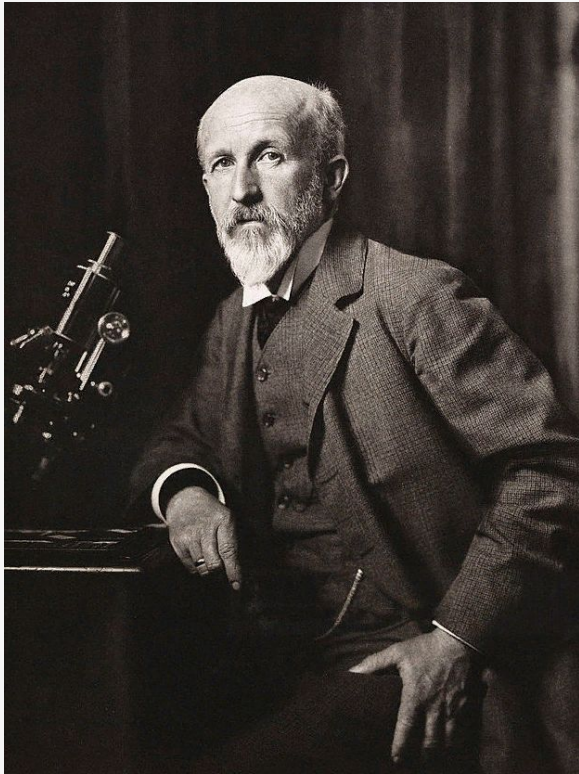


Хромосомная теория наследственности признаков



Оскар Гертвиг
(1849–1922 гг.)

**Немецкий зоолог.
В 1875 г. заметил, что
при оплодотворении
яиц морского ежа,
ядро сперматозоида
сливается с ядром
яйцеклетки.**



**Вальтер Флемминг
(1843–1905 гг.)**

**Немецкий биолог,
основатель
цитогенетики.
В 1882 г. подробно
описал поведение
хромосом во время
митотического
деления клеток.**



**Теодор
Бовери**

(1862–1915 гг.)

**Немецкий биолог.
В 1902 г. установил,
что клеточное ядро
играет решающую
роль в регуляции
развития признаков
организма.**



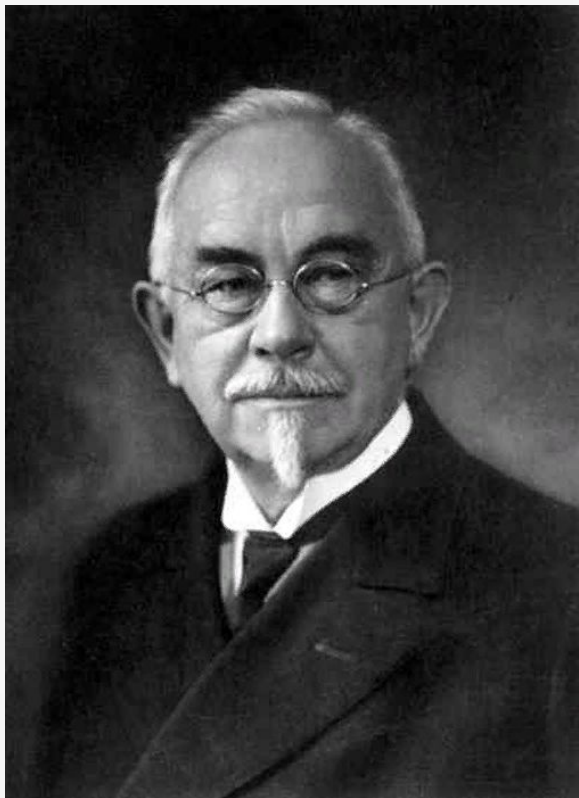
**Уильям
Сеттон**

(1877–1916 гг.)

**Американский биолог.
Провёл аналогию между
поведением хромосом во
время мейоза,
оплодотворения и
закономерностями
передачи наследственных
факторов, о которых
говорил Мендель.**



Сеттон и Бовери выдвинули гипотезу, что именно хромосомы являются материальными носителями менделевских «наследственных факторов», и сформулировали хромосомную теорию наследственности.

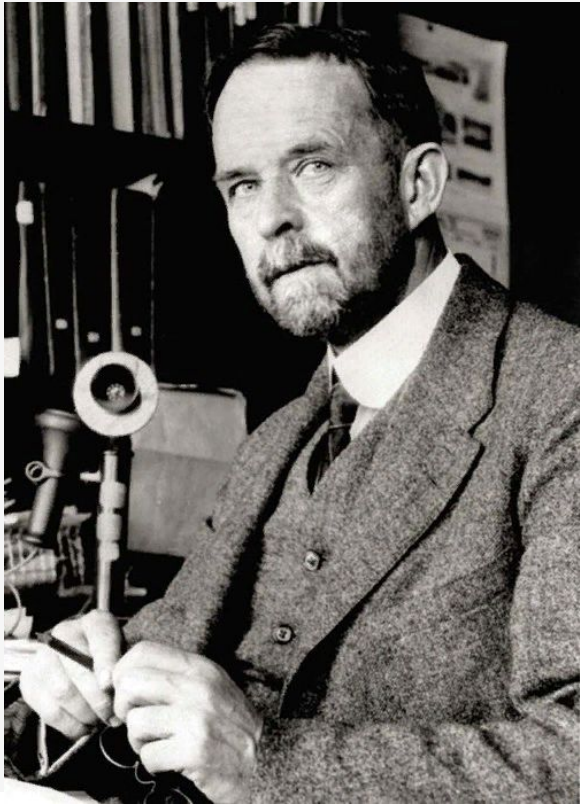


**Вильгельм
Иогансен**
(1857–1927 гг.)

**Датский биолог.
В работе «Элементы
точного учения
наследственности»
заменяет термин
«наследственный
фактор» термином
«ген».**



По подсчётам учёных, число генов, которые контролируют развитие различных признаков у человека, около 120 тысяч генов, а видов хромосом всего 23 пары.

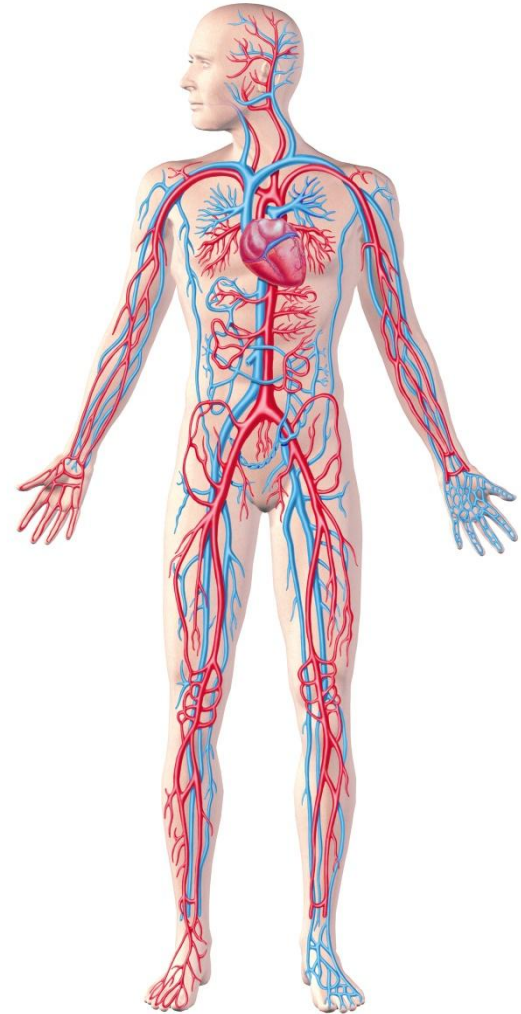


Томас Хант Морган
(1866–1945 гг.)

**Американский биолог.
В 1910–1915 гг. создал
современную хромосомную
теорию наследственности.**

**В 1933 г. Морган стал лауреатом
Нобелевской премии по
физиологии и медицине
«За открытия, связанные с
ролью хромосом в
наследственности».**

Число групп сцепления у организмов равно числу пар хромосом, или гаплоидному набору хромосом. Так, у человека 23 пары хромосом, следовательно, и 23 группы сцепления. У гороха 7 пар хромосом и 7 групп сцепления.





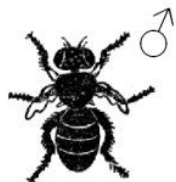
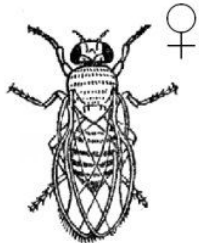
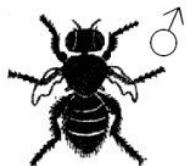
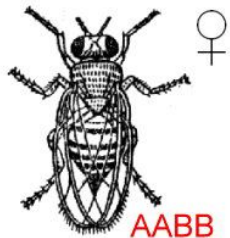
Дрозофила

Дрозофила



- Очень плодовита (за год образует 25 поколений);
- каждые две недели при температуре 25°C даёт многочисленное потомство;
- быстро развивается (от яйца до взрослой особи 10 дней);
- мало хромосом (4 пары);
- имеет много признаков, которые могут наследоваться (цвет глаз, форма крыльев, окраска тела, форма тела и др.).

P



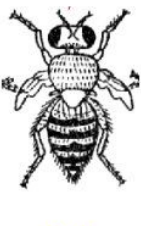
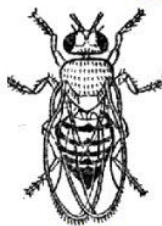
AB 25%

Ab 25%

aB 25%

ab 25%

ab



Скрещивая мушку дрозофилу с серым телом и нормальными крыльями с мушкой, имеющей темную окраску тела и зачаточные крылья, в первом поколении Морган получал гибридов, имеющих серое тело и нормальные крылья.

При проведении анализирующего скрещивания самки F_1 с самцом, имевшим рецессивные признаки, теоретически ожидалось получить потомство с комбинациями этих признаков в соотношении 1:1:1:1.

P



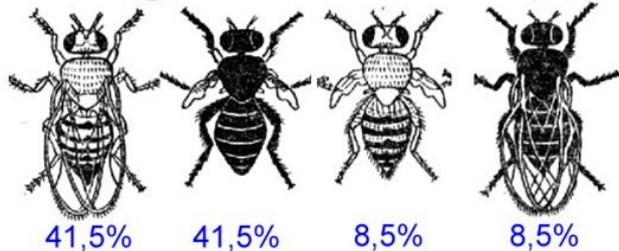
AB 41,5%

Ab 41,5%

aB 8,5%

ab 8,5%

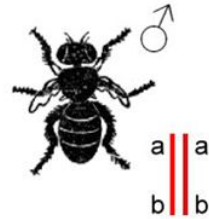
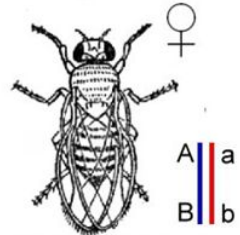
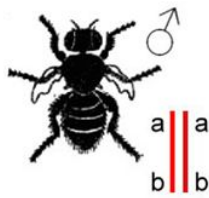
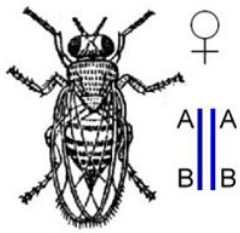
ab



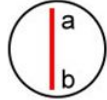
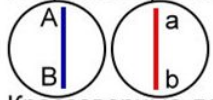
Однако в потомстве было 41,5% серых длиннокрылых и 41,5% черных с зачаточными крыльями и лишь незначительная часть мушек имела перекомбинированные признаки (8,5% черные длиннокрылые и 8,5% серые с зачаточными крыльями).

Морган пришел к выводу, что гены, обуславливающие развитие серой окраски тела и длинных крыльев, локализованы в одной хромосоме, а гены, обуславливающие развитие черной окраски тела и зачаточных крыльев, – в другой.

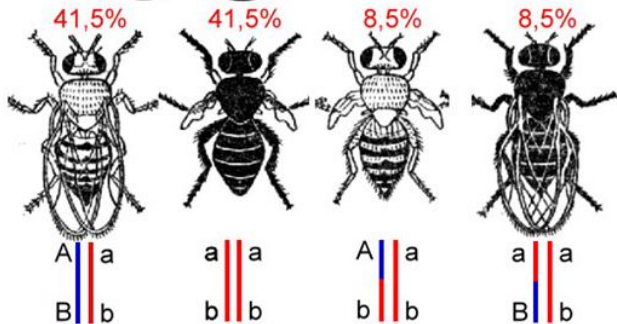
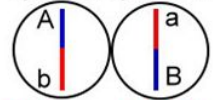
P



Некроссоверные по 41,5%



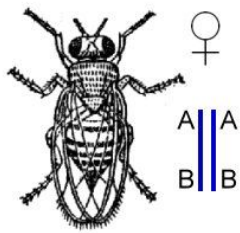
Кроссоверные по 8,5%



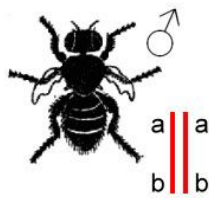
Явление совместного наследования признаков Морган назвал **сцеплением**. Материальной основой сцепления генов является хромосома. **Гены, локализованные в одной хромосоме, наследуются совместно и образуют одну группу сцепления.**

Поскольку гомологичные хромосомы имеют одинаковый набор генов, количество групп сцепления равно гаплоидному набору хромосом. **Явление совместного наследования генов, локализованных в одной хромосоме, называют сцепленным наследованием. Сцепленное наследование генов, локализованных в одной хромосоме, называют законом Моргана.**

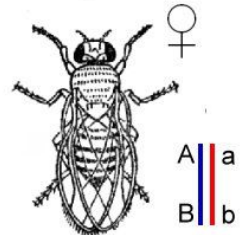
P



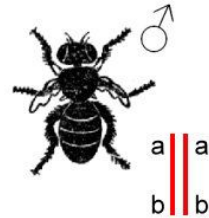
♀



♂

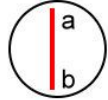
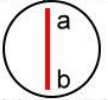
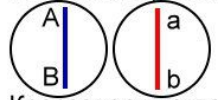


♀

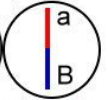
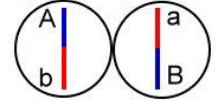


♂

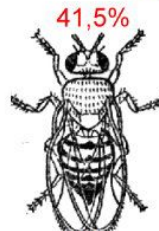
Некроссоверные по 41,5%



Кроссоверные по 8,5%

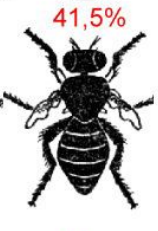


A|a
b|B



41,5%

A|a
B|b



41,5%

a|a
b|b



8,5%

A|a
b|b

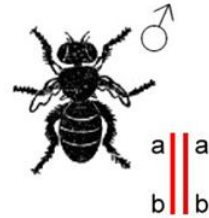
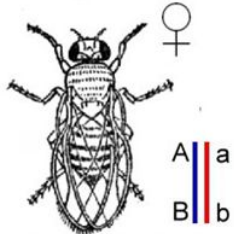
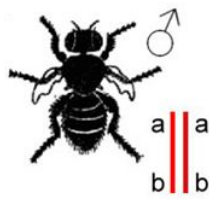
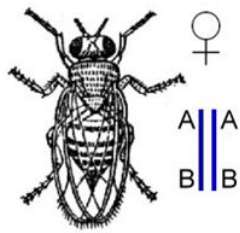


8,5%

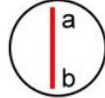
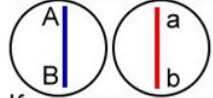
a|a
B|b

Появление особей с перекрестными признаками Морган объяснил кроссинговером во время мейоза. В результате кроссинговера в некоторых клетках происходит обмен участками хромосом между генами **A** и **B**, появляются гаметы **Ab** и **aB**, и, как следствие, в потомстве образуются четыре группы фенотипов, как при свободном комбинировании генов. Но поскольку кроссинговер происходит не во всех гаметах, числовое соотношение фенотипов не соответствует соотношению 1:1:1:1.

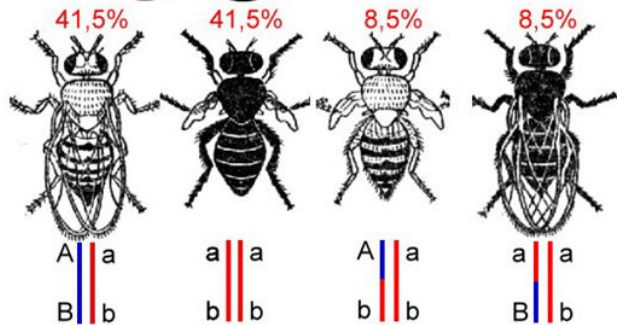
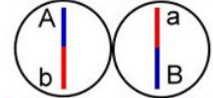
P



Некроссоверные по 41,5%



Кроссоверные по 8,5%



В зависимости от особенностей образования гамет, различают:

- **некроссоверные гаметы** – гаметы с хромосомами, образованными без кроссинговера;
- **кроссоверные гаметы** – гаметы с хромосомами, претерпевшими кроссинговер.

Дано:

Ген Признак

A - серое тело

a - черное тело

B - норм. крылья

b - зачат. крылья

$P \quad \text{♀} \frac{AB}{+AB} \times \text{♂} \frac{ab}{ab}$
 Сер.Нор. Черн.Зач.

F₁ - ? F₂ - ?

Решение:

$P \quad \text{♀} \frac{AB}{+AB} \times \text{♂} \frac{ab}{ab}$
 Сер.Нор. Черн.Зач.

Гам.

$\text{♀} \frac{AB}{+AB} \quad \text{♂} \frac{ab}{ab}$

F₁

100% $\frac{AB}{ab}$
 Сер.Нор.

$\text{♀} \frac{AB}{+ab} \times \text{♂} \frac{ab}{ab}$
 Сер.Нор. Черн.Зач.

Некроссоверные гаметы

41,5% $\frac{AB}{+ab}$ $\frac{ab}{ab}$

41,5% $\frac{ab}{+ab}$

Кроссоверные гаметы

$\frac{A}{a} \frac{b}{B}$

8,5% $\frac{Ab}{+ab}$

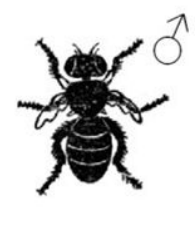
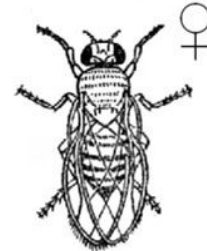
8,5% $\frac{aB}{+ab}$

41,5% 41,5% 8,5% 8,5%

F₂

	$\frac{AB}{+ab}$	$\frac{ab}{+ab}$	$\frac{Ab}{+ab}$	$\frac{aB}{+ab}$
$\frac{ab}{+ab}$	$\frac{AB}{ab}$ С.Н.	$\frac{ab}{ab}$ Ч.З.	$\frac{Ab}{ab}$ С.З.	$\frac{aB}{ab}$ Ч.Н.

P



AaBb

aabb

$\frac{AB}{+ab}$ 25%

$\frac{Ab}{+ab}$ 25%

$\frac{aB}{+ab}$ 25%

$\frac{ab}{+ab}$ 25%

$\frac{ab}{+ab}$

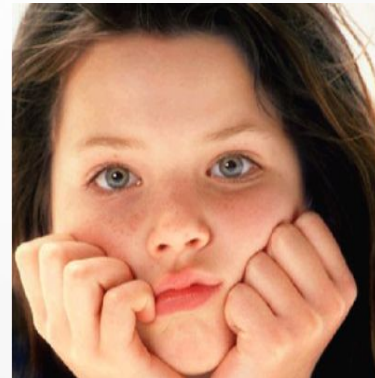


Гены, локализованные в одной хромосоме, наследуются совместно и образуют **одну группу сцепления**. В каждой паре гомологичных хромосом находятся одинаковые группы генов. У человека 23 группы сцепления, у дрозофилы – четыре. Было также показано, что у каждого гена в хромосоме есть строго определенное место – **локус**.

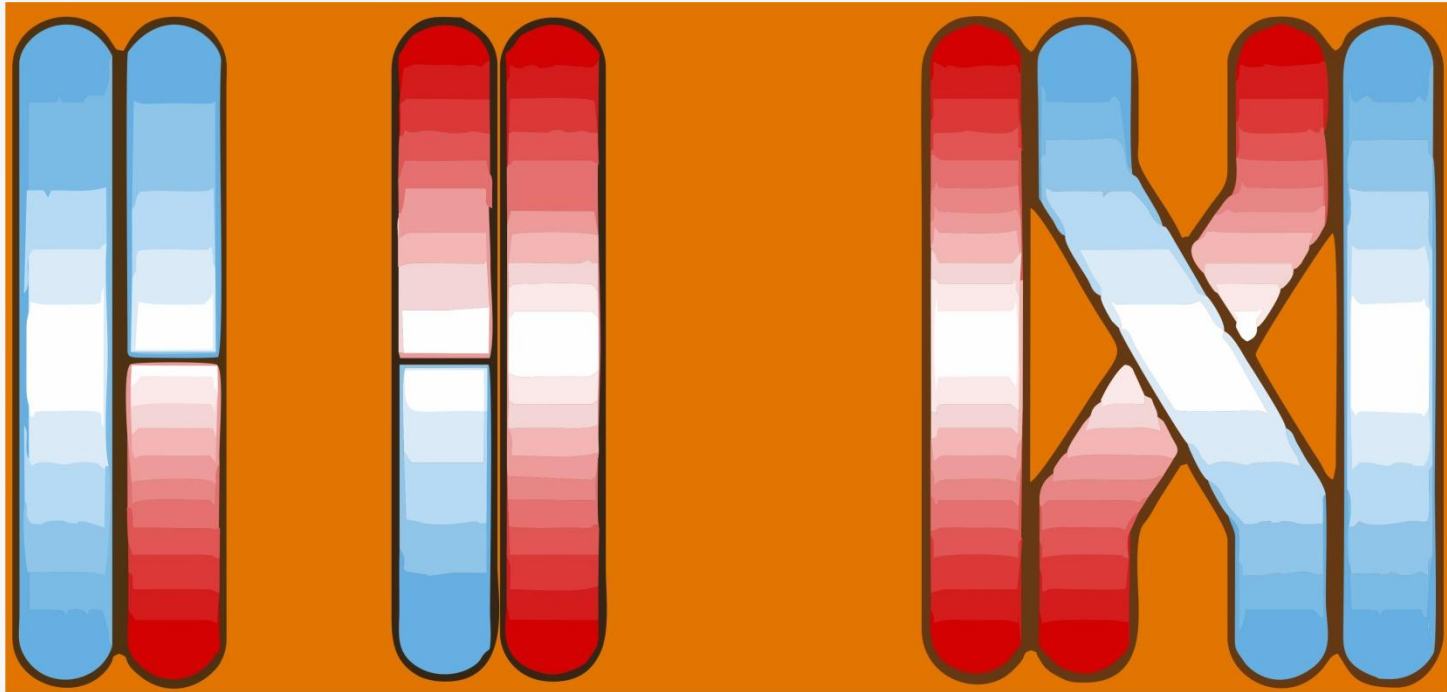
Вероятность возникновения перекрёста между генами зависит от их расположения в хромосоме: чем дальше друг от друга расположены гены, тем выше вероятность перекрёста между ними.



Гены, определяющие светлый цвет волос и глаз, находятся в одной хромосоме и наследуются сцепленно.

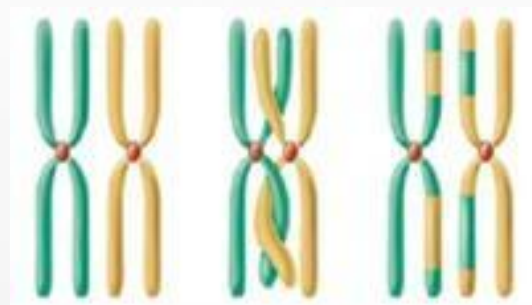


Сочетания признаков: темные волосы и серые глаза, светлые волосы и карие глаза - появляются благодаря кроссинговеру.



Сцепление генов, расположенных в одной хромосоме не бывает абсолютным. Происходящий с разной частотой кроссинговер постоянно осуществляет рекомбинацию генов.

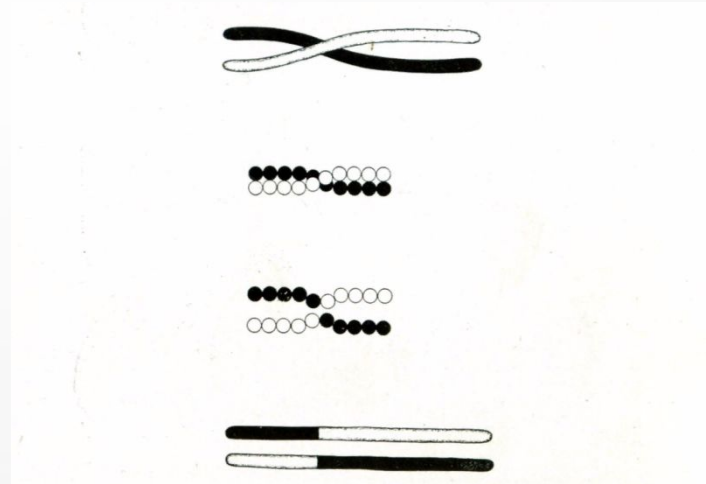
Кроссинговер (англ. crossing-over – перекрёст хромосом) – процесс обмена гомологичных хромосом участками во время их конъюгации в профазе I мейоза. Кроссинговер является одним из механизмов генетической рекомбинации (обмена генами). Частота его зависит от расстояния между генами: чем дальше расположены гены друг от друга, тем чаще между ними идет перекрест. 1% кроссинговера принят за единицу расстояния между генами. Она названа морганидой в честь Т. Моргана, разработавшего принципы генетического картирования. Цитологическим признаком кроссинговера служат *хиазмы* – х-образные фигуры бивалентов во время обмена участками. Кроссинговер обычно бывает мейотическим, но иногда происходит в митозе (соматический кроссинговер). Он может также осуществляться внутри гена.



В 1909 году Ф.А. Янссенс описал образование хиазм – характерных структур, которые формируют гомологичные хромосомы при кроссинговере – при мейозе у земноводных. Янссенс также высказал предположение, что хиазмы могут свидетельствовать об обмене хромосом генетическим материалом. Кроссинговер был описан в 1911 году американским генетиком Томасом Хантом Морганом и его студентом и сотрудником Альфредом Стёртевантом у плодовой мушки *Drosophila melanogaster*. В 1913 году Стёртевант начал составление генетических карт на основании частот кроссинговера.

Кроссинговер.

Иллюстрация Т. Х. Моргана (1916)



Типы кроссинговера

В зависимости от типа клеток, в которых происходит кроссинговер:

- ***мейотический*** – происходит в профазу первого деления мейоза, при образовании половых клеток;
- ***митотический*** – при делении соматических клеток, главным образом эмбриональных. Приводит к мозаичности в проявлении признаков.

В зависимости от молекулярной гомологии участков хромосом, вступающих в кроссинговер:

- ***обычный (равный)*** – происходит обмен разными участками хромосом;
- ***неравный*** – наблюдается разрыв в нетождественных участках хромосом.

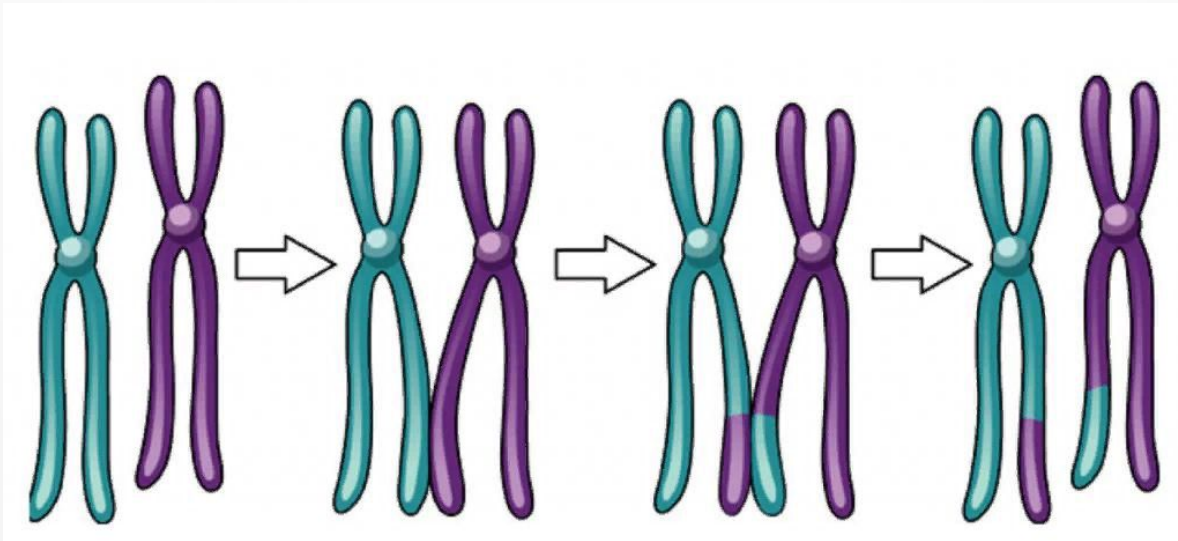
В зависимости от количества образованных хиазм и разрывов хромосом с последующих перекомбинацией генов:

- ***одинарный;***
- ***двойной;***
- ***множественный.***

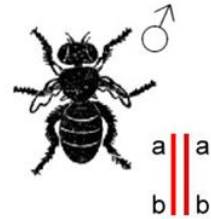
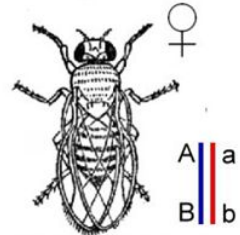
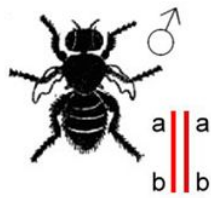
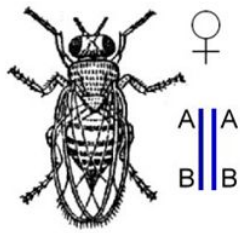
Биологическое значение кроссинговера чрезвычайно велико, поскольку генетическая рекомбинация позволяет создавать новые, ранее не существовавшие комбинации генов и тем самым повышать наследственную изменчивость, которая дает материал для естественного отбора.

Значение кроссинговера:

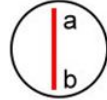
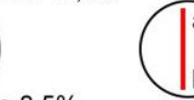
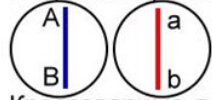
- приводит к увеличению комбинативной изменчивости;
- приводит к увеличению мутаций.



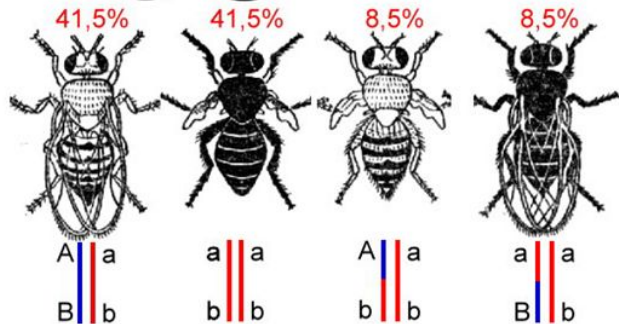
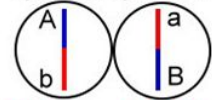
P



Некроссоверные по 41,5%



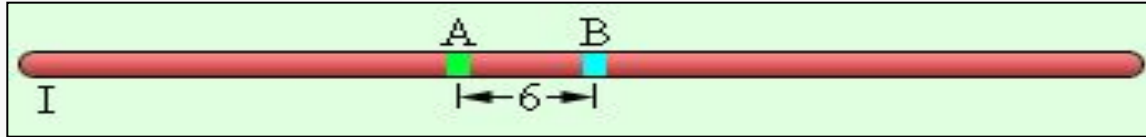
Кроссоверные по 8,5%



За единицу расстояния между генами, находящимися в одной хромосоме, принят 1% кроссинговера. Например, в рассмотренном выше анализирующем скрещивании получено 17% особей с рекомбинированными признаками. Следовательно, расстояние между генами серой окраски тела и длинных крыльев (а также черной окраски тела и зачаточных крыльев) равно 17%. В честь Т. Моргана единица расстояния между генами названа морганидой, расстояние между этими генами равно 17 морганидам. А сила сцепления высчитывается по формуле: сила сцепления = $100\% - \% \text{ кроссоверных гамет}$. Сила сцепления между генами окраски тела и формы крыльев равна $100\% - 17\% = 83\%$.

Генетические карты

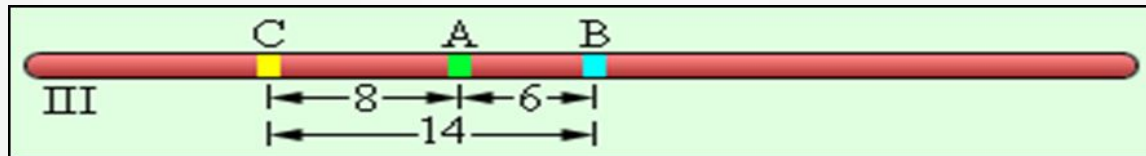
1. Расстояние между генами А и В 6 морганид. Сколько кроссоверных и некроссоверных гамет образуется у данной особи? Какова сила сцепления между генами?



Некроссоверных по 47%; Кроссоверных по 3%.

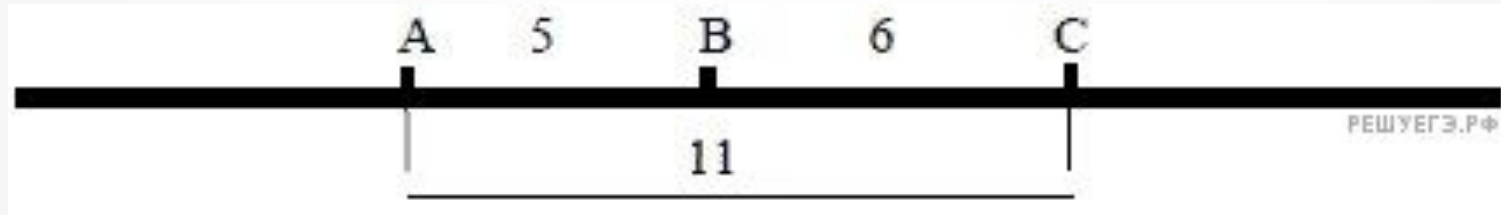
Сила сцепления: $100\% - 6\% = 94\%$

2. Расстояние между генами С и А – 8 морганид, между А и В – 6 морганид, между В и С – 14 морганид. Где располагается ген С?



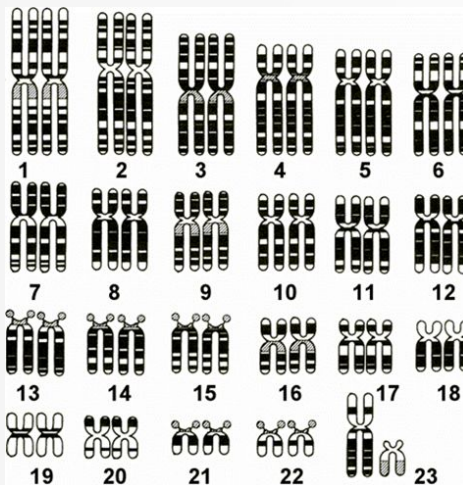
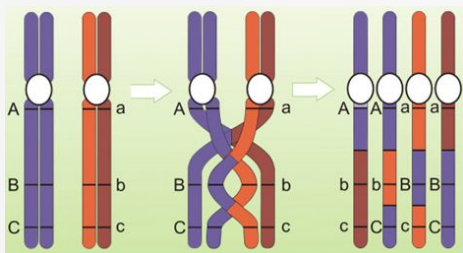
Результаты многочисленных скрещиваний мух дрозофил показали, что частота нарушения сцепления между генами А и В составляет 5%, между генами А и С – 11%, между генами С и В – 6%. Перерисуйте предложенную схему фрагмента хромосомы на лист ответа, отметьте на ней взаимное расположение генов А, В, С и укажите расстояние между ними. Какая величина принята за единицу расстояния между генами? Как она называется?

1)



2) за единицу расстояния между генами принят 1% кроссинговера, эта величина названа морганидой.

Положения современной хромосомной теории наследственности (Т. Морган, А. Стёртевант, Г. Мёллер)



1. Гены располагаются в хромосомах; различные хромосомы содержат неодинаковое число генов, причем набор генов каждой из негомологичных хромосом уникален.
2. Каждый ген имеет определенное место (локус) в хромосоме; в идентичных локусах гомологичных хромосом находятся аллельные гены.
3. Гены расположены в хромосомах в определенной линейной последовательности.
4. Гены, локализованные в одной хромосоме, наследуются совместно, образуя группу сцепления; число групп сцепления равно гаплоидному набору хромосом и постоянно для каждого вида организмов.
5. Сцепление генов может нарушаться в процессе кроссинговера; это приводит к образованию рекомбинантных хромосом.
6. Частота кроссинговера является функцией расстояния между генами: чем больше расстояние, тем больше величина кроссинговера (прямая зависимость).

Подведём итоги

Закон Моргана

Гены, находящиеся в одной хромосоме наследуются преимущественно сцепленно.

Группа сцепления

Гены, находящиеся в одной хромосоме образуют группу сцепления.

Количество групп сцепления

Количество групп сцепления равно числу пар гомологичных хромосом, гаплоидному набору хромосом. У человека 23 группы сцепления, у дрозофилы – четыре.

Кроссоверные гаметы

Гаметы с хромосомами, образованные в результате кроссинговера.

Морганида

В честь Т. Моргана единица расстояния между генами названа морганидой, 1 морганида = 1% кроссоверных гамет.

Как определяется сила сцепления между генами?

Сила сцепления высчитывается по формуле: сила сцепления = 100% - % кроссоверных гамет.

Подведём итоги

В каких случаях выполняется закон Моргана?

Если гены находятся в одной хромосоме, то они наследуются сцепленно и входят в одну группу сцепления.

Сколько пар гомологичных хромосом контролируют окраску тела и форму крыльев дрозофилы?

Одна пара гомологичных хромосом.

Сколько кроссоверных гамет (в %) образуется у дигетерозиготной самки дрозофилы с серым телом и нормальными крыльями?

17%.

Какое расстояние между генами, контролирующими цвет тела и форму крыльев у дрозофилы?

17 морганид.

Какова сила сцепления между генами, определяющими цвет тела и форму крыльев у дрозофилы?

83%.

Сколько кроссоверных гамет образуется у дигетерозиготного самца дрозофилы с серым телом и нормальными крыльями?

У самца дрозофилы сила сцепления равна 100%, у него нет кроссинговера.

Подведём итоги

Сколько групп сцепления у дрозофилы? У человека?

У дрозофилы – 4 группы сцепления, у человека – 23.

Какое явление вызывает нарушение закона Моргана?

Кроссинговер.

От чего зависит частота кроссинговера между генами, находящимися в одной хромосоме?

От расстояния между генами, чем больше расстояние, тем больше вероятность кроссинговера.

Генотип особи $Ac//aC$. Какие гаметы будут образовываться, если расстояние между генами Ac – 10 морганид.

Некроссоверные гаметы: 45% Ac и 45% aC, по 5% кроссоверных гамет AC и ac.