

# Взаимодействие генов



Наследование групп крови по  
системе АВО и резус фактору

Взаимодействие генов

Множественный аллелизм



# Типы взаимодействия

| Взаимодействие аллельных генов | Взаимодействие неаллельных генов |
|--------------------------------|----------------------------------|
| Полное доминирование           | Комплементарность                |
| Неполное доминирование         | Эпистаз                          |
| Кодоминирование                | Полимерия                        |
| Сверхдоминирование             |                                  |
| Аллельное исключение           |                                  |
| Межаллельная комплементарность |                                  |
| Множественный аллелизм         |                                  |

Старинные гравюры, изображающие: а) переливание крови человеку от животного; б) переливание крови от человека человеку.



# Наследование групп крови

| Фенотип<br>(группы<br>крови) | Антигены<br>(агглютиногены)<br>на мембране<br>эритроцитов | Антитела<br>(агглютинины)<br>в плазме крови | Генотип<br>(3 аллели в 9<br>хромосоме) |
|------------------------------|-----------------------------------------------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------|
| I (O)                        | -                                                         | $\alpha\beta$                               | $I^O I^O$                              |
| II (A)                       | A                                                         | $\beta$                                     | $I^A I^A, I^A I^O,$                    |
| III (B)                      | B                                                         | $\alpha$                                    | $I^B I^B, I^O I^B$                     |
| IV (AB)                      | AB                                                        | -                                           | $I^A I^B$                              |



# Наследование групп крови

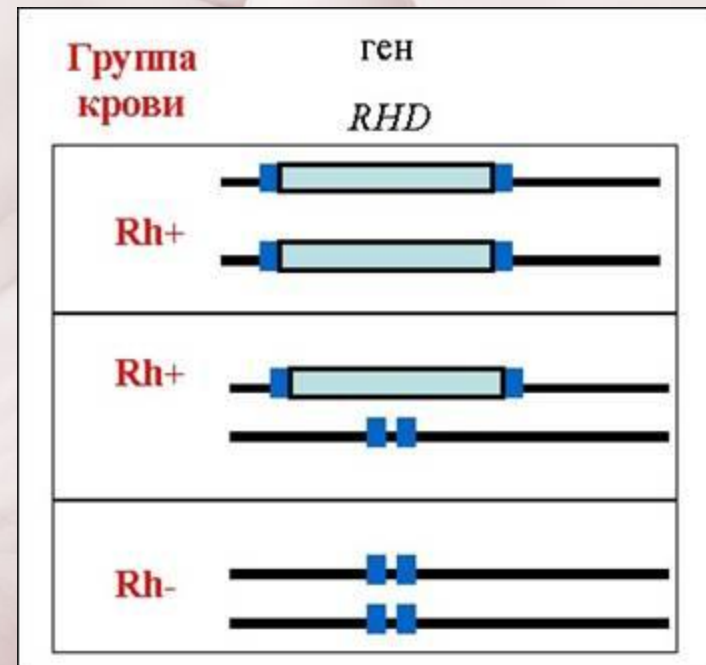
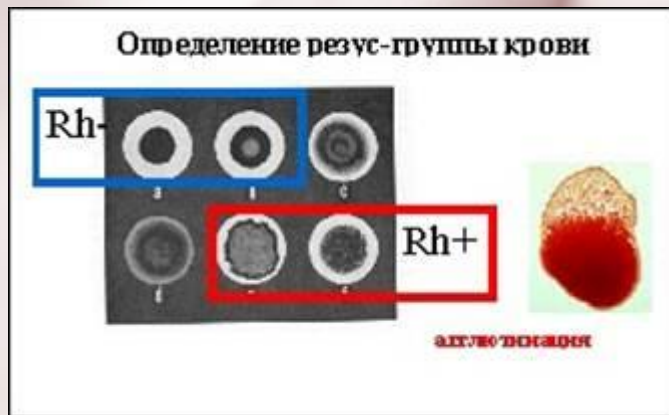
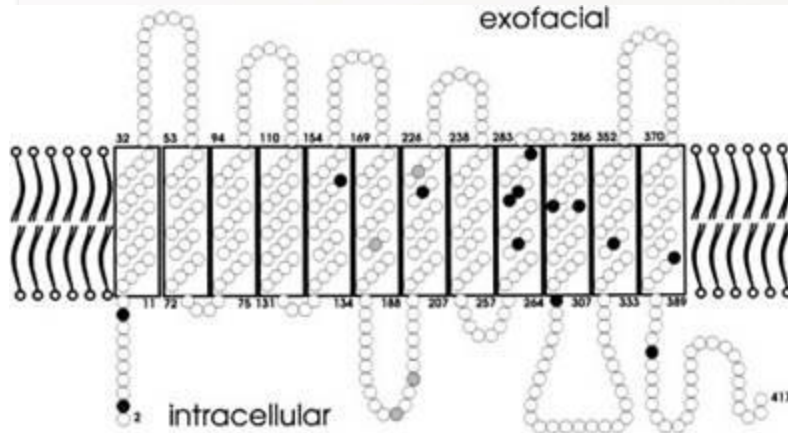
Уникальные комбинации  
 1. IIxIII = F1: у потомков все четыре группы крови будут представлены с равной вероятностью.  
 2. IxIV = F1: группы крови потомков не будут совпадать с группами крови их родителей. При этом соотношение вероятностей встречаемости групп крови: II : III = 50% : 50%.

| <div> <div>Отец \ Мать</div> </div> |         | Фенотип | I         | II        |           | III       |           | IV        |           |
|-------------------------------------|---------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|                                     |         | Генотип | 00        | A-        |           | B-        |           | AB        |           |
| Фенотип                             | Генотип | G       | 0         | A         | 0         | B         | 0         | A         | B         |
| I                                   | 00      | 0       | 00<br>I   | A0<br>II  | 00<br>I   | B0<br>III | 00<br>I   | A0<br>II  | B0<br>III |
| II                                  | A -     | A       | A0<br>II  | A A<br>II | A0<br>II  | AB<br>IV  | A0<br>II  | A A<br>II | AB<br>IV  |
|                                     |         | 0       | 00<br>I   | A0<br>II  | 00<br>I   | B0<br>III | 00<br>I   | A0<br>II  | B0<br>III |
| III                                 | B -     | B       | B0<br>III | AB<br>IV  | B0<br>III | BB<br>III | B0<br>III | AB<br>IV  | BB<br>III |
|                                     |         | 0       | 00<br>I   | A0<br>II  | 00<br>I   | B0<br>III | 00<br>I   | A0<br>II  | B0<br>III |
| IV                                  | AB      | A       | A0<br>II  | A A<br>II | A0<br>II  | AB<br>IV  | A0<br>II  | A A<br>II | AB<br>IV  |
|                                     |         | B       | B0<br>III | AB<br>IV  | B0<br>III | BB<br>III | B0<br>III | AB<br>IV  | BB<br>III |

# Частота встречаемости представителей разных групп крови среди населения земного шара (по системе АВ0, в %)

| Группа крови |         | Всего, по данным источника |      |             |      | В том числе<br>по источнику № 2 |         |
|--------------|---------|----------------------------|------|-------------|------|---------------------------------|---------|
| фенотип      | генотип | № 1                        | № 2* | № 3         | № 4  | мужчины                         | женщины |
| I            | 00      | 43,0                       | 32,1 | 40,0 – 50,0 | 33,5 | 21,2                            | 31,2    |
| II           | A0, AA  | 37,0                       | 44,1 | 30,0 – 40,0 | 37,8 | 44,4                            | 41,2    |
| III          | B0, BB  | 13,0                       | 15,4 | 10,0 – 20,0 | 20,6 | 16,1                            | 17,0    |
| IV           | AB      | 7,0                        | 8,1  | 3,0 – 5,0   | 8,1  | 8,3                             | 7,6     |

# Наследование групп крови резус



*Во многих из этих пар хромосом генома есть информация о группах крови. Информация о группах системы АВ0 содержится в девятой паре, а о резусе — в первой.*





Наследование группы крови системы Rh,  
возможные у ребенка, в зависимости от групп  
крови его родителей.

| Группа крови<br>матери | Группа крови отца |                         |
|------------------------|-------------------|-------------------------|
|                        | Rh(+)             | rh(-)                   |
| Rh(+)                  | Любой             | Любой                   |
| rh(-)                  | Любой             | Резус-<br>отрицательный |

# Наследование резус-фактора по Фишеру

| № | Генотип  | Фенотип                      | Д (+++) | С (++) | Е (+) | Иммун-<br>ный<br>ответ |
|---|----------|------------------------------|---------|--------|-------|------------------------|
| 1 | D-C-E-   | Резус-<br>положи-<br>тельный | +++     | ++     | +     | ++++++                 |
| 2 | D-C-ee   |                              | +++     | ++     | -     | +++++                  |
| 3 | D-cc-E-  |                              | +++     | -      | +     | ++++                   |
| 4 | D-cc-ee  |                              | +++     | -      | -     | +++                    |
| 5 | dd-C-E-  |                              | -       | ++     | +     | +++                    |
| 6 | dd-C-ee  |                              | -       | ++     | -     | ++                     |
| 7 | dd-cc-E- |                              | -       | -      | +     | +                      |
| 8 | dd-cc-ee | Резус-<br>отрица-<br>тельный | -       | -      | -     | -                      |

**Характеристика некоторых наследственных признаков человека (Из: Вилли, 1966, стр. 534-535).**

**Доминантный признак**

Темные волосы  
Нерыжие волосы  
Вьющиеся волосы  
Сильная волосатость тела  
Раннее облысение  
Черная кожа  
Карие глаза  
Наличие эпикантуса  
    (века)  
Близорукость  
Дальнозоркость  
Свободные ушные мочки  
Толстые губы  
Большие глаза  
Длинные ресницы  
Низкий рост  
Гипертония  
Нормальное состояние  
Нормальное состояние  
Нормальный слух  
Мигрень  
Нормальное состояние  
Резус положительный

**Рецессивный признак**

Светлые волосы  
Рыжие волосы  
Прямые волосы  
Слабая волосатость тела  
Нормальный срок облысения  
Белая кожа  
Голубые или серые глаза  
Отсутствие эпикантуса (складки верхнего  
    века)  
Нормальное зрение  
Нормальное зрение  
Приросшие ушные мочки  
Тонкие губы  
Маленькие глаза  
Короткие ресницы  
Высокий рост  
Нормальное давление  
Гемофилия  
Сахарный диабет  
Врожденная глухота  
Нормальное состояние  
Фенилкетонурия  
Резус отрицательный

# ***Анализирующее скрещивание***

**АА х аа**

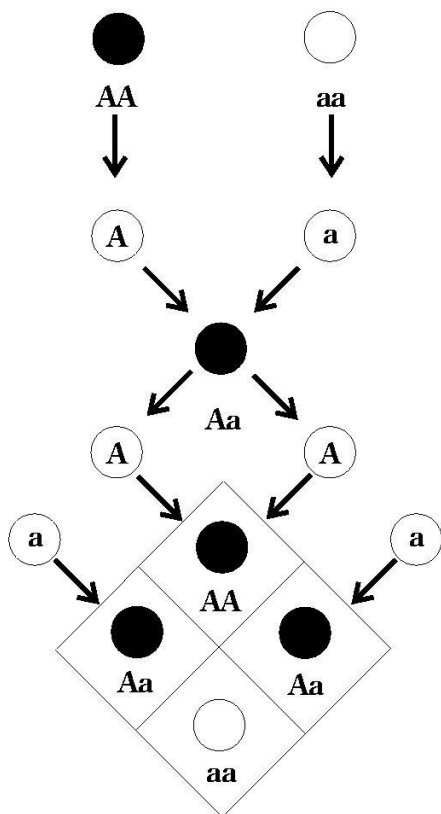
**~ Аах аа ~**

**1 Аа : 1 аа**

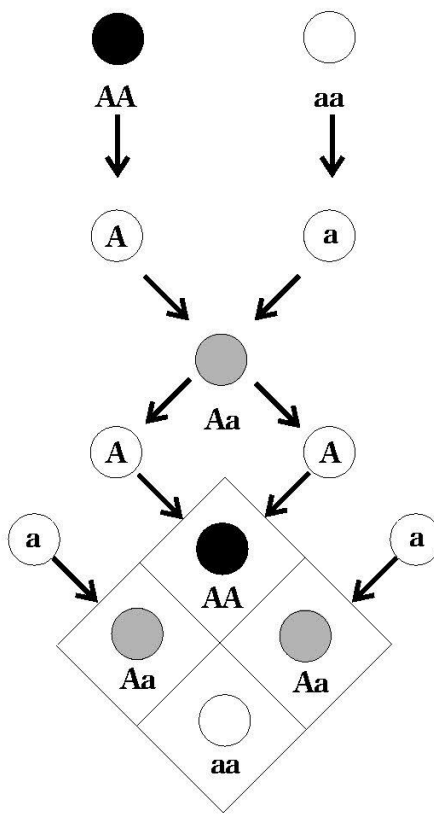


# Типы доминирования

Полное доминирование



Частичное доминирование



Кодоминирование

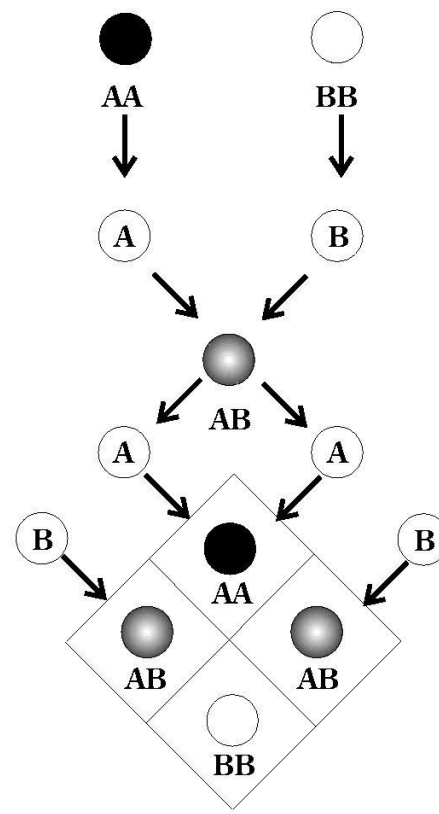
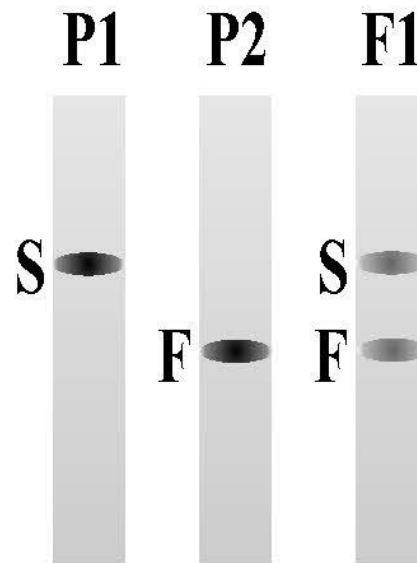


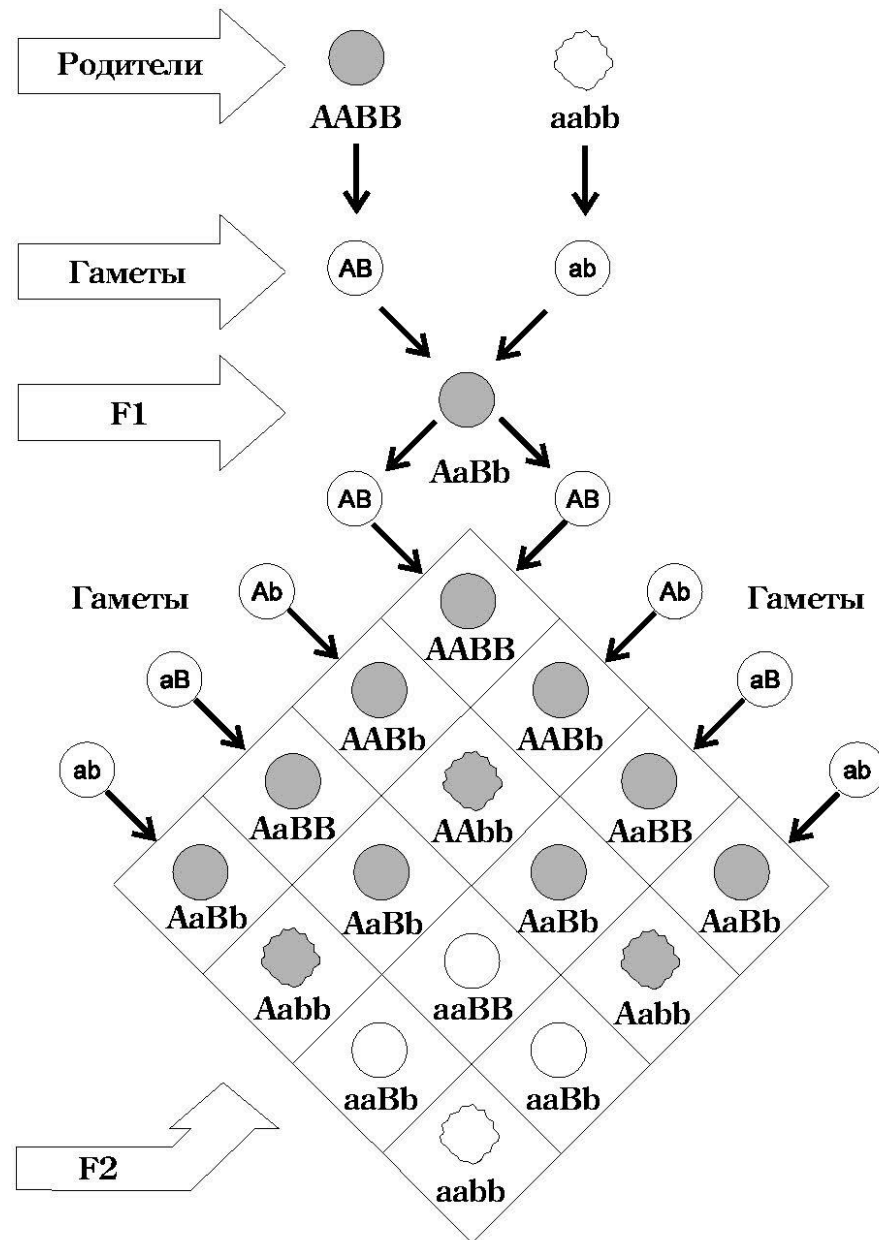
Рис. 2.1. Типы доминирования различных аллелей (из: Lewin, 1994, р. 63)

# Кодоминирование



**Рис. 2.2.** Выявление аллелей белков-ферментов с разной электрофоретической подвижностью (S - slow - медленная и F - fast - быстрая) у гибридов  $F_1$

**A-B-  $556 \times 9/16 = 312$  (получено 315)**  
**A-bb  $556 \times 3/16 = 104$  (получено 101)**  
**aB-  $556 \times 3/16 = 104$  (получено 108)**  
**aabb  $556/16 = 32$  (получено 34)**



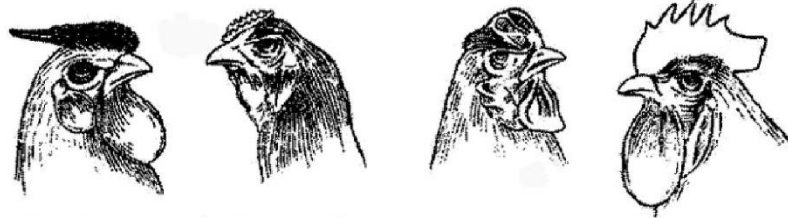
**Рис. 2.3. Дигибридное скрещивание**

# Условия выполнения законов Менделя

- 1. Нахождение учитываемых генов в негомологичных хромосомах; число их при этом не может превышать гаплоидного числа хромосом у данного вида.
- 2. Равновероятное образование гамет всех сортов на основе случайного расхождения хромосом в мейозе.
- 3. Равновероятное созревание гамет всех типов.
- 4. Равновероятная встреча гамет при оплодотворении.
- 5. Равновероятная выживаемость зигот и взрослых организмов.
- 6. Относительная стабильность развития изучаемых признаков. (По Лобашеву, 1967, стр.148-149).

# Взаимодействие генов

## Комплементарное взаимодействие



**Рис. 2.4.** Формы гребней у кур. Слева направо: розовидный, гороховидный, ореховидный, листовидный (Из: Гершкович, 1968, стр. 62)

Р Розовидный x Гороховидный

**ААЬЬ**

**ааВВ**

~

**F1      АаВЬ      Ореховидный** (новая форма гребня, возникшая из-за взаимодействия генов А и В). Скрещивание гибридов F 1 дает следующие результаты в P2



## Результаты скрещивание гибридов F<sub>1</sub>

| ♂ \ ♀ | AB                   | Ab                    | aB                    | ab                     |
|-------|----------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|
| AB    | Орех.<br><b>AABB</b> | Орех.<br><b>AABb</b>  | Орех.<br><b>AaBB</b>  | Орех.<br><b>AaBb</b>   |
| Ab    | Орех.<br><b>AABb</b> | Розов.<br><b>AAbb</b> | Орех.<br><b>AaBb</b>  | Розов.<br><b>Aabb</b>  |
| aB    | Орех.<br><b>AaBB</b> | Орех.<br><b>AaBb</b>  | Горох.<br><b>aaBB</b> | Горох.<br><b>aaBb</b>  |
| ab    | Орех.<br><b>AaBb</b> | Розов.<br><b>Aabb</b> | Горох.<br><b>aaBb</b> | Листов.<br><b>aabb</b> |

# Комплементарное взаимодействие генов



# Взаимодействие генов окраски глаз у дрозофилы

- У мутантов по гену *bw* глаза имеют коричневый цвет, мутанты *st* имеют ярко алые глаза. Что происходит в скрещиваниях?
  - P *bw/bw st+ /z:'* x *bw+ /bw+ st/st* J,
  - F<sub>1</sub> *bw+ /bw z:' /st*      1 красные глаза
- Скрещивание гибридов F<sub>1</sub> дает следующие расщепления в F<sub>2</sub>

# Результат скрещивание гибридов F<sub>1</sub>

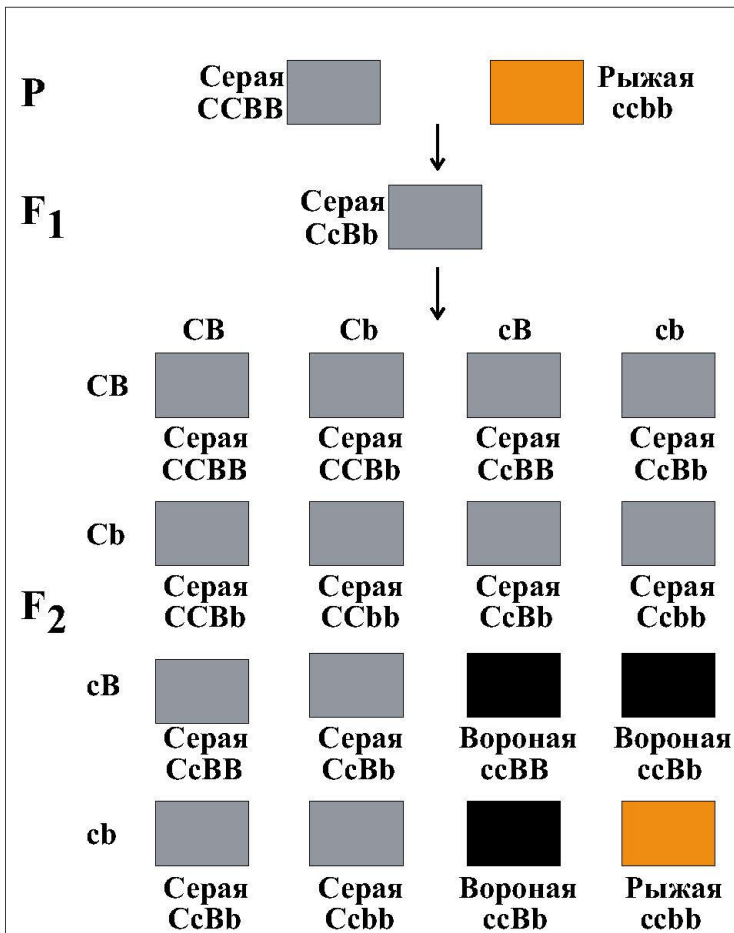
| F <sub>2</sub> | $bw^+ st^+$                   | $bw^+ st$                   | $bw st^+$                   | $bw st$                   |
|----------------|-------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| $bw^+ st^+$    | $\frac{bw^+ st^+}{bw^+ st^+}$ | $\frac{bw^+ st}{bw^+ st^+}$ | $\frac{bw st^+}{bw^+ st^+}$ | $\frac{bw st}{bw^+ st^+}$ |
| $bw^+ st$      | $\frac{bw^+ st^+}{bw^+ st}$   | $\frac{bw^+ st}{bw^+ st}$   | $\frac{bw st^+}{bw^+ st}$   | $\frac{bw st}{bw^+ st}$   |
| $bw st^+$      | $\frac{bw^+ st^+}{bw st^+}$   | $\frac{bw^+ st}{bw st^+}$   | $\frac{bw st^+}{bw st^+}$   | $\frac{bw st}{bw st^+}$   |
| $bw st$        | $\frac{bw^+ st^+}{bw st}$     | $\frac{bw^+ st}{bw st}$     | $\frac{bw st^+}{bw st}$     | $\frac{bw st}{bw st}$     |

# Результат скрещивание гибридов F<sub>1</sub>

- 9 частей расщепления являются нормальными по фенотипу ( $bw+/- st+/-$ ), еще три части  $bw$  ( $bw/bw st+/-$ ),
- три части  $st$  ( $bw+/- st/st$ ) и еще одна часть: мухи с белыми глазами. Такого фенотипа не было ни у одного из родителей.



# Эпистаз



**Рис. 2.5.** Эпистаз при наследовании мастей у лошадей (Дубинин, 1970, с. 84)

$$\begin{array}{cc} \frac{BC}{Bc} & \frac{bC}{bc} \\ \text{серые} & \text{серые} \end{array}$$

$$\begin{array}{cc} \frac{BC}{BC} \times \frac{bc}{bc} \\ \text{серая} & \text{рыжая} \end{array}$$

↓

$$\begin{array}{cc} \frac{BC}{bc} \times \frac{BC}{bc} \\ \text{серая} & \text{серая} \end{array}$$

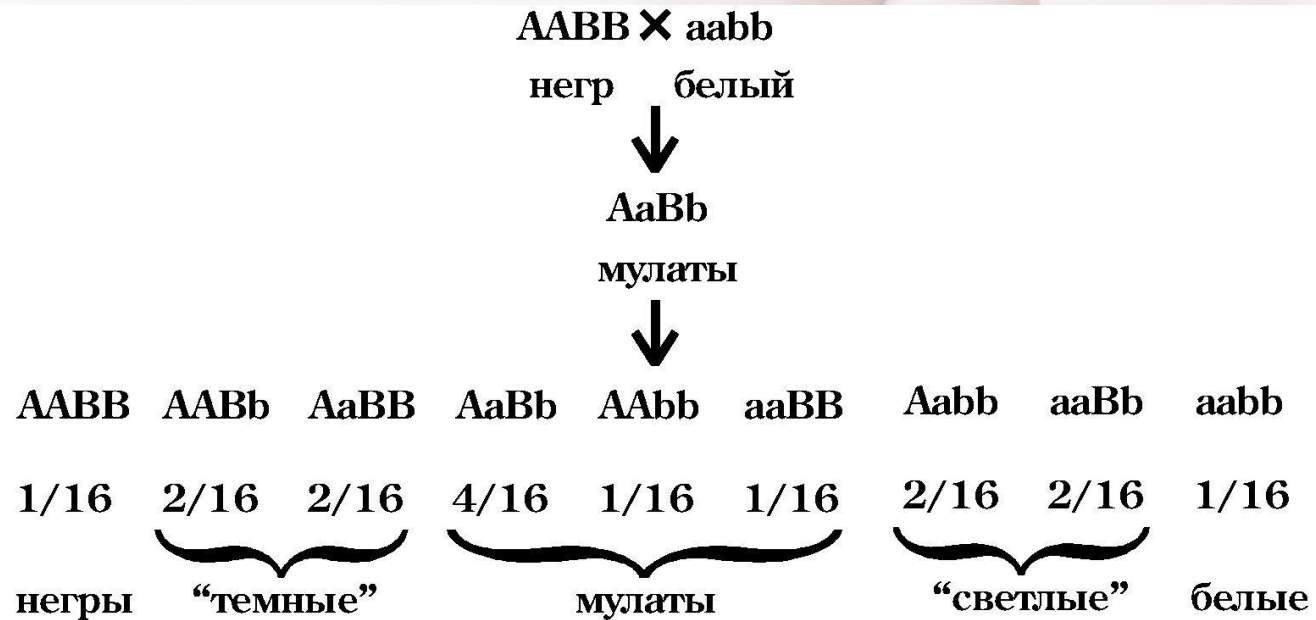
↓

$$\begin{array}{ccc} \frac{-C}{--} & \frac{Bc}{-c} & \frac{bc}{bc} \\ \text{серая} & \text{вороная} & \text{рыжая} \\ 12 & : 3 & : 1 \end{array}$$

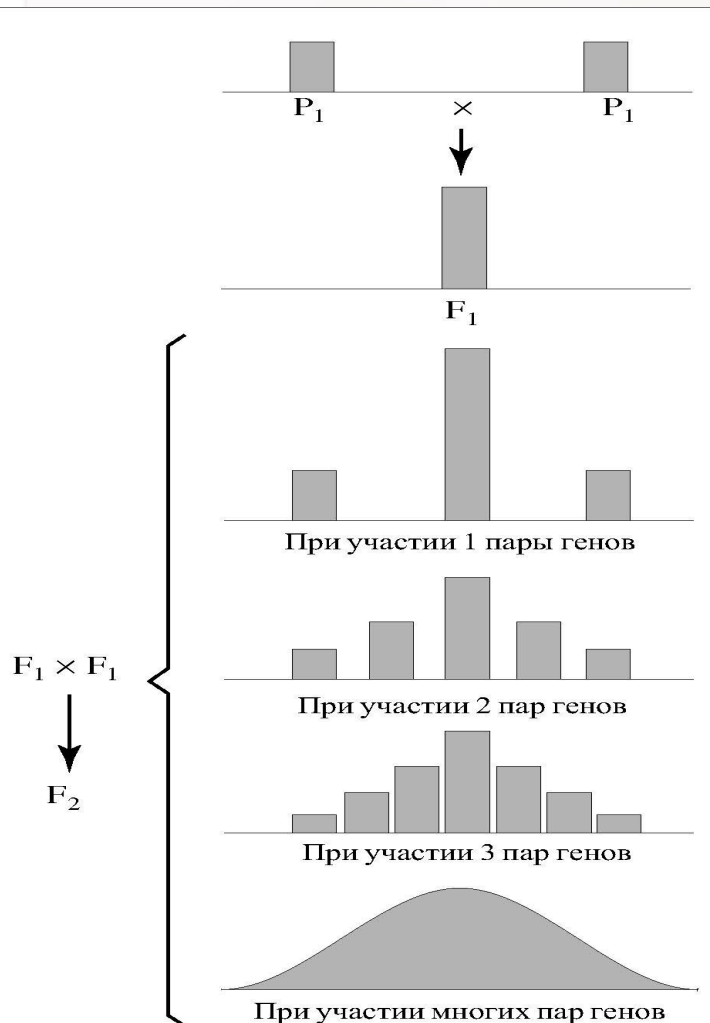
# Эпистаз



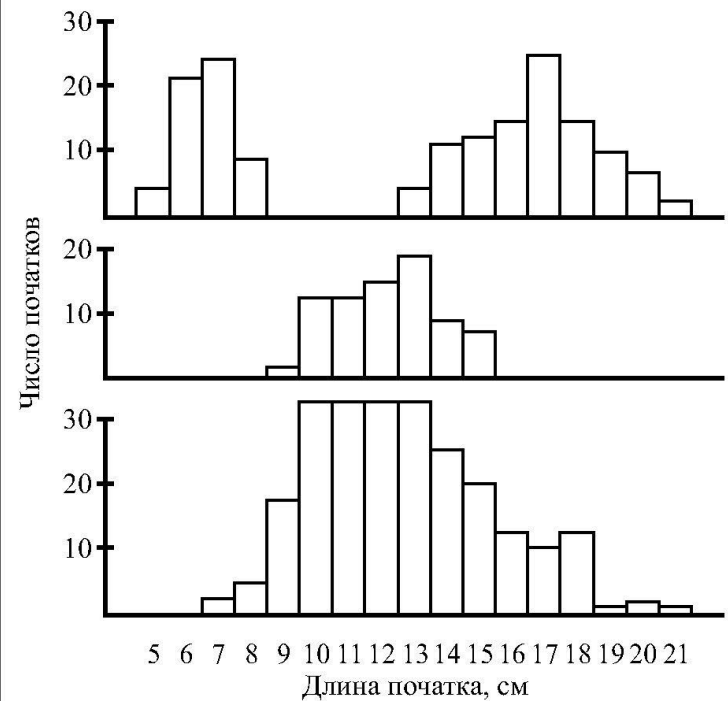
# Полимерия



# Количественные признаки



**Рис. 2.6.** Зависимость числа фенотипических классов от числа пар генов. По горизонтали - классы, по вертикали - относительные частоты (Из: Гершкович, 1968, стр. 70)



**Рис. 2.7.** Наследование длины початка кукурузы при скрещивании длиннопочаткового сорта “Черный мексиканец” (справа) с короткопочатковым сортом “Мальчик-с-пальчик” (слева)