

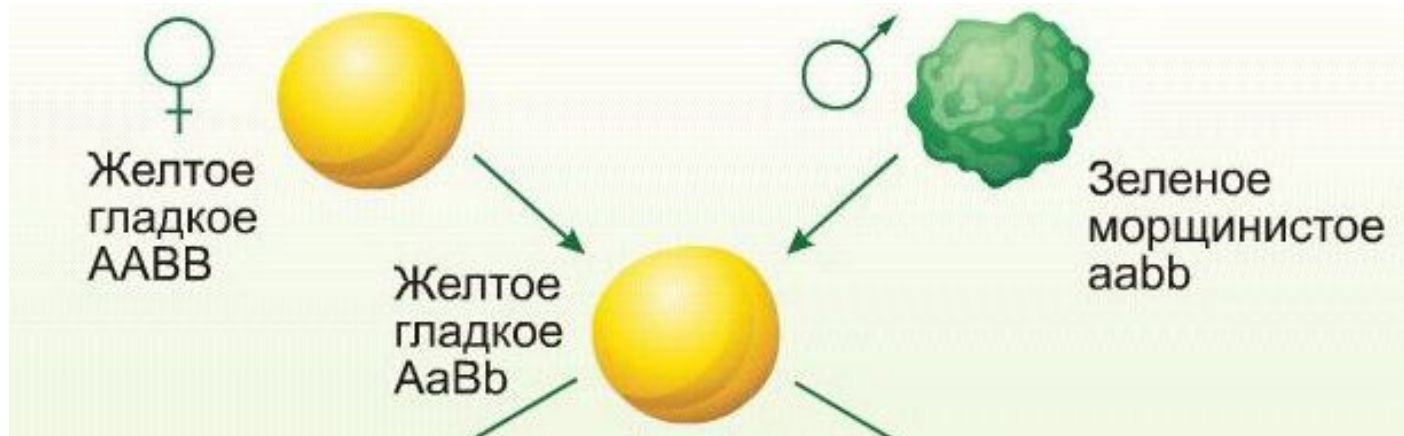
# *Дигибридное скрещивание. 3 закон Менделя.*

Задачи:

- Вывести 3 закон Менделя.
- Научиться решать задачи на 3 закон Менделя.

*Пименов А.В.*

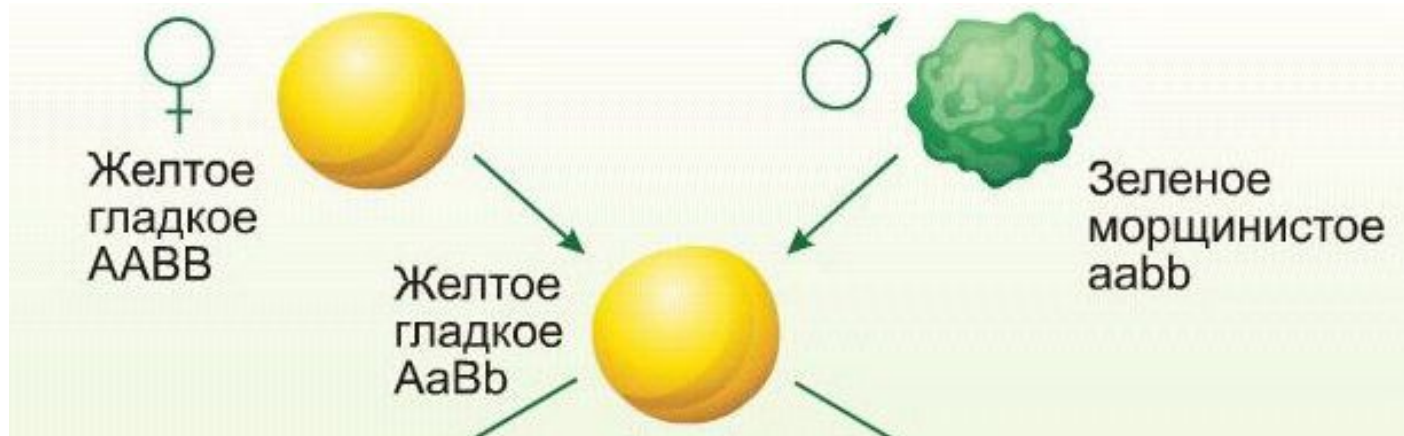
## Дигибридное скрещивание



Организмы отличаются друг от друга по многим признакам. Поэтому, установив закономерности наследования одной пары признаков, Г. Мендель перешел к изучению наследования двух (и более) пар альтернативных признаков.

*Дигибридным называют скрещивание двух организмов, отличающихся друг от друга по двум парам альтернативных признаков.* Для дигибридного скрещивания Мендель брал гомозиготные растения гороха, отличающиеся по окраске семян (желтые и зеленые) и форме семян (гладкие и морщинистые).

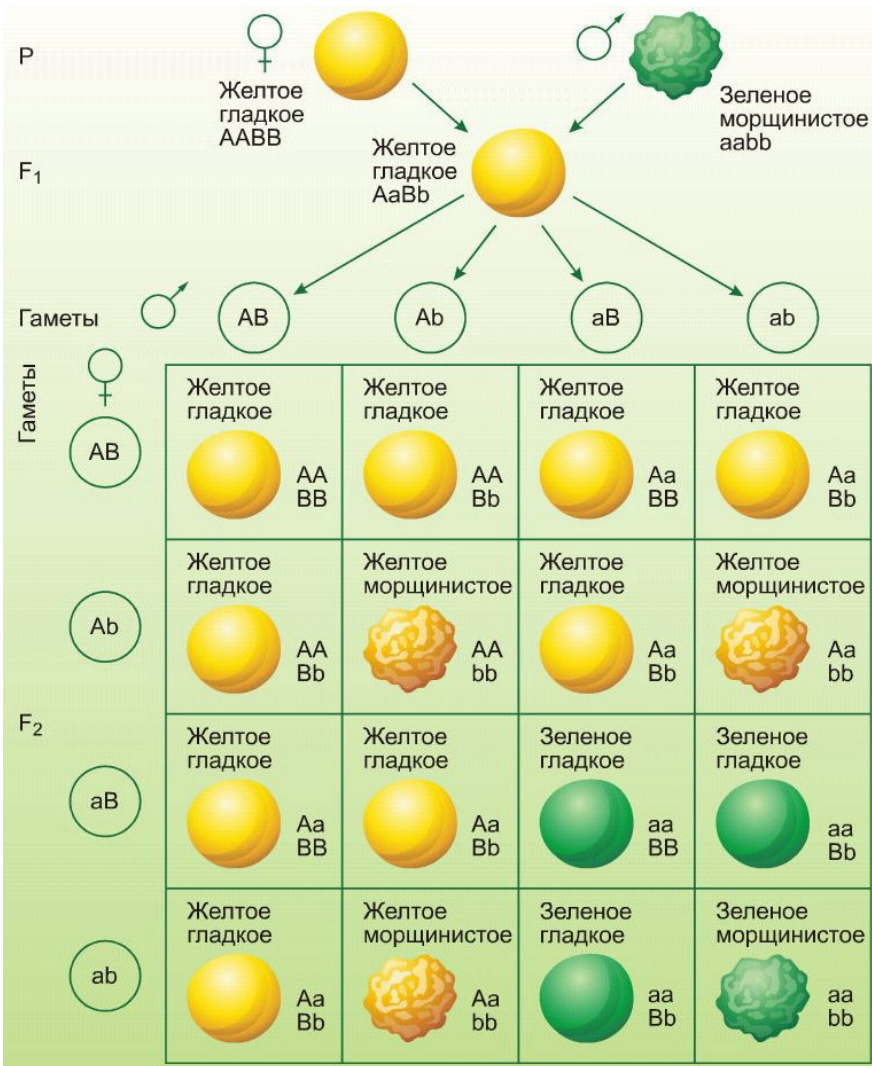
## Дигибридное скрещивание



Скрещивая растение с желтыми и гладкими семенами с растением с зелеными и морщинистыми семенами, Мендель получил единообразное гибридное поколение  $F_1$  с желтыми и гладкими семенами.

Желтая окраска (**A**) и гладкая форма (**B**) семян — доминантные признаки, зеленая окраска (**a**) и морщинистая форма (**b**) — рецессивные признаки.

## Дигибридное скрещивание



















При самоопылении гибридов (F<sub>1</sub>) в F<sub>2</sub> были получены результаты:

9/16 растений имели гладкие желтые семена;  
3/16 были желтыми и морщинистыми;  
3/16 были зелеными и гладкими;  
1/16 растений морщинистые семена зеленого цвета.

Он обратил внимание на то, что **расщепление по каждому отдельно взятому признаку соответствует расщеплению при моногибридном скрещивании: на каждые 12 желтых – 4 зеленых (3:1); на 12 гладких – 4 морщинистых (3:1).**

















# Дигибридное скрещивание

Желтое гладкое  AA BB	Желтое гладкое  AA Bb	Желтое гладкое  Aa BB	Желтое гладкое  Aa Bb
Желтое гладкое  AA Bb	Желтое морщинистое  AA bb	Желтое гладкое  Aa Bb	Желтое морщинистое  Aa bb
Желтое гладкое  Aa BB	Желтое гладкое  Aa Bb	Зеленое гладкое  aa BB	Зеленое гладкое  aa Bb
Желтое гладкое  Aa Bb	Желтое морщинистое  Aa bb	Зеленое гладкое  aa Bb	Зеленое морщинистое  aa bb

Четыре фенотипа скрывают девять разных генотипов:

ж.г.  $9/16 (A\_B\_)$        $1/16 AABV$   
     $2/16 AaBB$   
     $2/16 aaBb$   
     $4/16 AaBb$   
 ж.м.  $3/16 (A\_bb)$        $1/16 AAbb$   
     $2/16 Aabb$   
 з.г.  $3/16 (aaB\_)$        $1/16 aaBB$   
     $2/16 aaBb$   
 з.м.  $1/16 (aabb)$        $1/16 aabb$

## Дигибридное скрещивание

Желтое гладкое  AA BB	Желтое гладкое  AA Bb	Желтое гладкое  Aa BB	Желтое гладкое  Aa Bb
Желтое гладкое  AA Bb	Желтое морщинистое  AA bb	Желтое гладкое  Aa Bb	Желтое морщинистое  Aa bb
Желтое гладкое  Aa BB	Желтое гладкое  Aa Bb	Зеленое гладкое  aa BB	Зеленое гладкое  aa Bb
Желтое гладкое  Aa Bb	Желтое морщинистое  Aa bb	Зеленое гладкое  aa Bb	Зеленое морщинистое  aa bb

Проведенное исследование позволило сформулировать закон независимого комбинирования генов (третий закон Менделя):

при скрещивании двух гетерозиготных особей, отличающихся друг от друга по двум (и более) парам альтернативных признаков, гены и соответствующие им признаки наследуются независимо друг от друга в соотношении 3:1 и комбинируются во всех возможных сочетаниях.

## Дигибридное скрещивание

Скрещивание гетерозиготных организмов:

Моногибридное

Дигибридное

Тригибридное

Aa x Aa

AaBb x AaBb

AaBbDd x AaBbDd

$$2^1 (3+1)$$

Количество фенотипов в потомстве:

$$2^2 = 4; (3+1)^2$$

$$2^3 = 8; (3+1)^3.$$

$$3^1; (1+2+1)$$

Количество генотипов в потомстве:

$$3^2 = 9; (1+2+1)^2$$

$$3^3 = 27; (1+2+1)^3$$

$$2$$

Количество образующихся гамет:

$$2^2 = 4$$

$$2^3 = 8$$

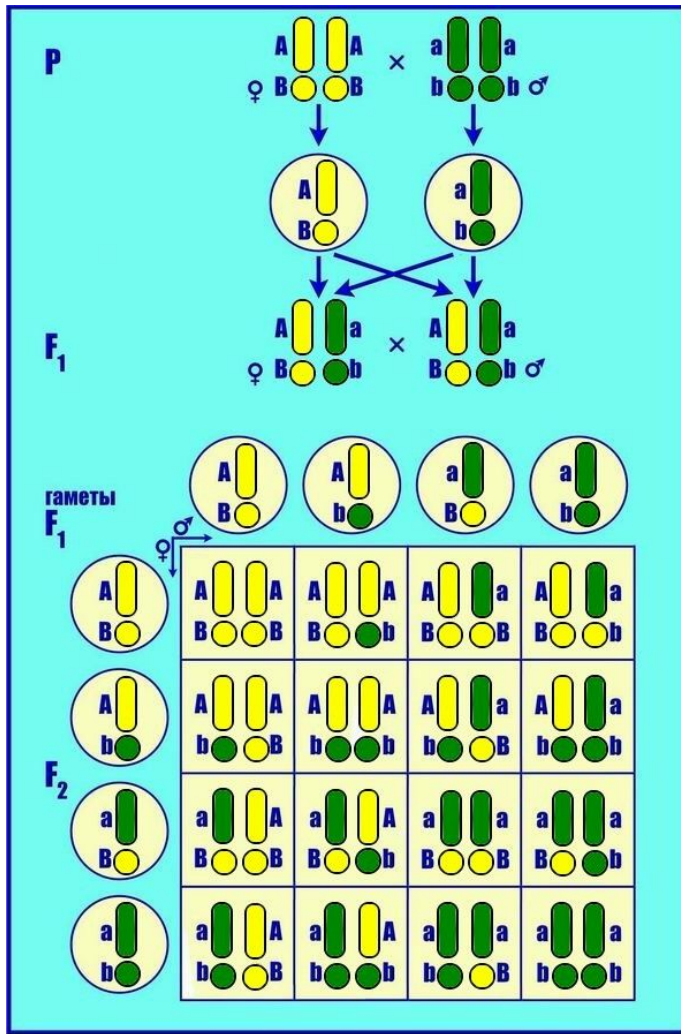
Количество образующихся различных типов гамет равно  $2^n$ , где  $n$  – число пар гетерозиготных аллелей генов. Например: особь с генотипом AABVCC образует  $2^0 = 1$ ; AaBbCC образует гамет  $2^2$ ; с генотипом AaBbCcDdee –  $2^4 = 16$  типов гамет.

## Дигибридное скрещивание

Тип скрещивания	Число пар генов	Число разных типов гамет	Число разных фенотипов	Число генотипов	Число возможных комбинаций в F <sub>2</sub>
Моногибридное	1	2	2	3	4
Дигибридное	2	4	4	9	16
Тригибридное	3	8	8	27	64
Полигибридное	n <input type="text" value="4"/> ▾	$2^n$ <input type="text" value="16"/>	$2^n$ <input type="text" value="16"/>	$3^n$ <input type="text" value="81"/>	$4^n$ <input type="text" value="256"/>



## Дигибридное скрещивание












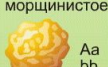

Третий закон Менделя справедлив только для тех случаев, когда анализируемые гены находятся в разных парах гомологичных хромосом.

**Цитологические основы.** При образовании гамет, из каждой пары хромосом и находящихся в них аллельных генов в гамету попадает только одна и один ген из пары, при этом в результате случайного расхождения хромосом при мейозе ген **A** может попасть в одну гамету с геном **B** или с геном **b**, а ген **a** может объединиться с геном **B** или с геном **b**.

## Решение задач с использованием теории вероятности:

Вероятности появления того или иного генотипа можно легко посчитать и без решетки Пеннета.

Какова вероятность того, что от скрещивания двойных гетерозигот  $AaBb \times AaBb$  появятся особи с генотипом 1).  $AABB$ ? 2).  $AaBb$ ? 3).  $AaBB$ ? 4).  $Aabb$ ?

Желтое гладкое  AA BB	Желтое гладкое  AA Bb	Желтое гладкое  Aa BB	Желтое гладкое  Aa Bb
Желтое гладкое  AA Bb	Желтое морщинистое  AA bb	Желтое гладкое  Aa Bb	Желтое морщинистое  Aa bb
Желтое гладкое  Aa BB	Желтое гладкое  Aa Bb	Зеленое гладкое  aa BB	Зеленое гладкое  aa Bb
Желтое гладкое  Aa Bb	Желтое морщинистое  Aa bb	Зеленое гладкое  aa Bb	Зеленое морщинистое  aa bb







1.) Проведем анализ дигибридного скрещивания  $AaBb \times AaBb$  как двух моногибридных:  $Aa \times Aa$  и  $Bb \times Bb$ . Какова вероятность того, что один из родителей с генотипом  $Aa$  даст потомку гамету с хромосомой  $A$ ? Очевидно, она равна  $1/2$ . Вторым родителем тоже дает гаметы с хромосомами  $A$  и  $a$  с равной вероятностью. Рассмотрим теперь, какова вероятность встретить зиготу, содержащую  $AA$ . Для этого должны встретиться гаметы несущие  $A$  и  $A$ . Вероятность этого события равна  $1/2 \times 1/2 = 1/4$ .

Также рассуждаем и по вероятности встречи гамет, несущих  $B$ , вероятность также равна  $1/4$ . Значит, вероятность образования генотипа  $AABB$  равна  $1/4 \times 1/4 = 1/16$ .

## Решение задач с использованием теории вероятности:

Вероятности появления того или иного генотипа можно легко посчитать и без решетки Пеннета.

Какова вероятность того, что от скрещивания двойных гетерозигот  $AaBb \times AaBb$  появятся особи с генотипом 1).  $AABB$ ? 2).  $AaBb$ ? 3).  $AaBB$ ? 4).  $Aabb$ ?

Желтое гладкое  AA BB	Желтое гладкое  AA Bb	Желтое гладкое  Aa BB	Желтое гладкое  Aa Bb
Желтое гладкое  AA Bb	Желтое морщинистое  AA bb	Желтое гладкое  Aa Bb	Желтое морщинистое  Aa bb
Желтое гладкое  Aa BB	Желтое гладкое  Aa Bb	Зеленое гладкое  aa BB	Зеленое гладкое  aa Bb
Желтое гладкое  Aa Bb	Желтое морщинистое  Aa bb	Зеленое гладкое  aa Bb	Зеленое морщинистое  aa bb

2). Еще легче определить вероятности с помощью генотипов. Вероятность образования зиготы с генотипом  $Aa$  равна  $2/4$  ( $AA + 2Aa + aa$ ).  $Bb$  также  $2/4$ . Значит, вероятность образования генотипа  $AaBb$  равна  $2/4 \times 2/4 = 4/16$ .

3). Вероятность образования зиготы с генотипом  $Aa$  равна  $2/4$  ( $AA + 2Aa + aa$ ).  $BB$  –  $1/4$ . Значит, вероятность образования генотипа  $AaBB$  равна  $2/4 \times 1/4 = 2/16$ .

4). Вероятность образования зиготы с генотипом  $AA$  равна  $1/4$  ( $AA + 2Aa + aa$ ).  $bb$  также  $1/4$ . Значит, вероятность образования генотипа  $AAbb$  равна  $1/4 \times 1/4 = 1/16$ .

## *Подведем итоги:*

Сколько пар гомологичных хромосом отвечают за наследование окраски и формы семян у гороха?

*Две пары.*

Сколько типов гамет образуется у сорта гороха с желтыми и гладкими семенами?

*Один, так как сорт – гомозиготные организмы (AABB).*

Сколько типов гамет образуются у гороха, имеющего генотип AaBb, AABb, aaBb, AaBB?

*AaBb – 4, AABb – 2, aaBb, AaBB – 2.*

Сколько различных фенотипов образуется при скрещивания двойных гетерозигот, если аллельные гены расположены в различных парах гомологичных хромосом? В каком соотношении?

*Четыре ( $2^2$ ), в соотношении 9+3+3+1 ( $3+1$ )<sup>2</sup>.*

Сколько различных генотипов образуется при скрещивания двойных гетерозигот, если аллельные гены расположены в различных парах гомологичных хромосом?

*Девять генотипов ( $3^2$ ) в соотношении  $(1+2+1)^2$ .*

Сколько различных гамет будет образовываться у тройной гетерозиготы?

*$2^3 = 8$*

## *Подведем итоги:*

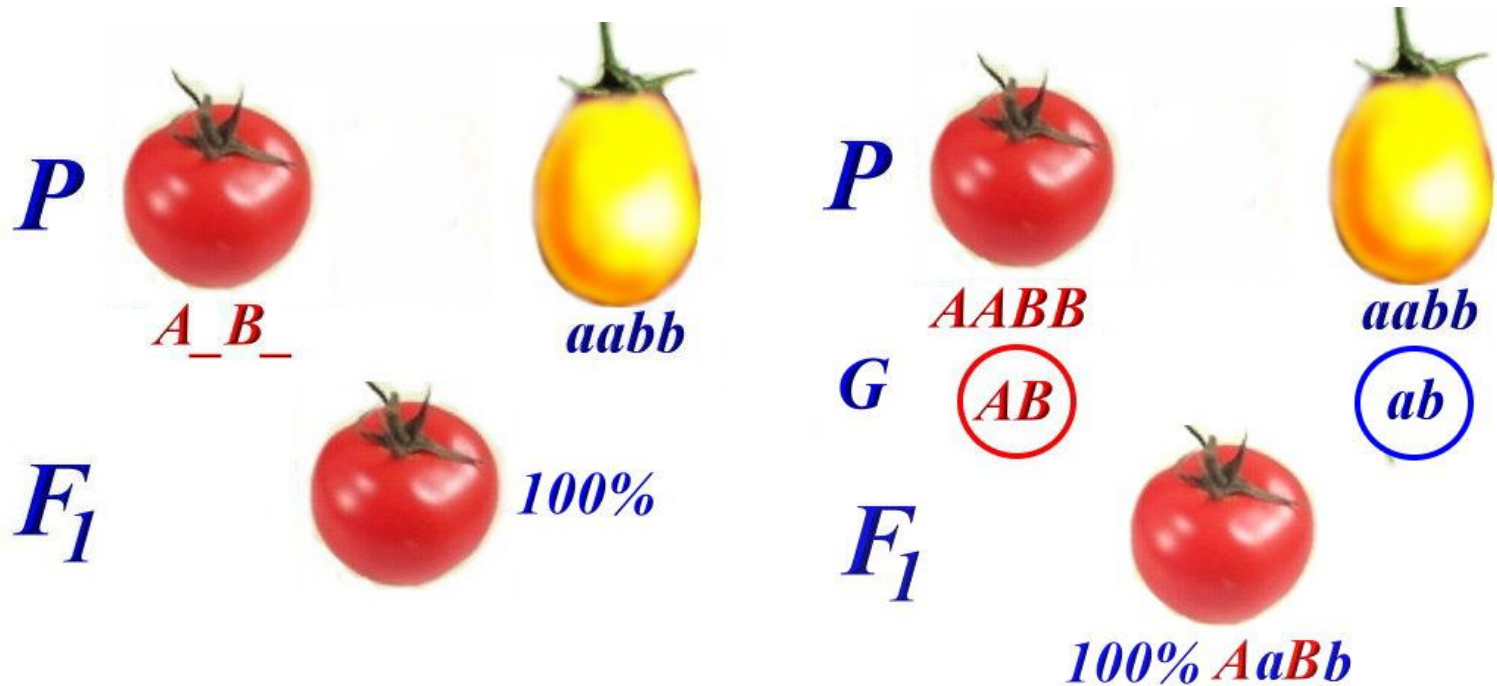
Какое скрещивание называется дигибридным?

*Если две особи отличаются друг от друга по двум признакам, то скрещивание между ними называется дигибридным.*

Генотип гороха с желтой окраской и гладкой формой семян — ААВв. Какие типы гамет образуется у данного сорта?

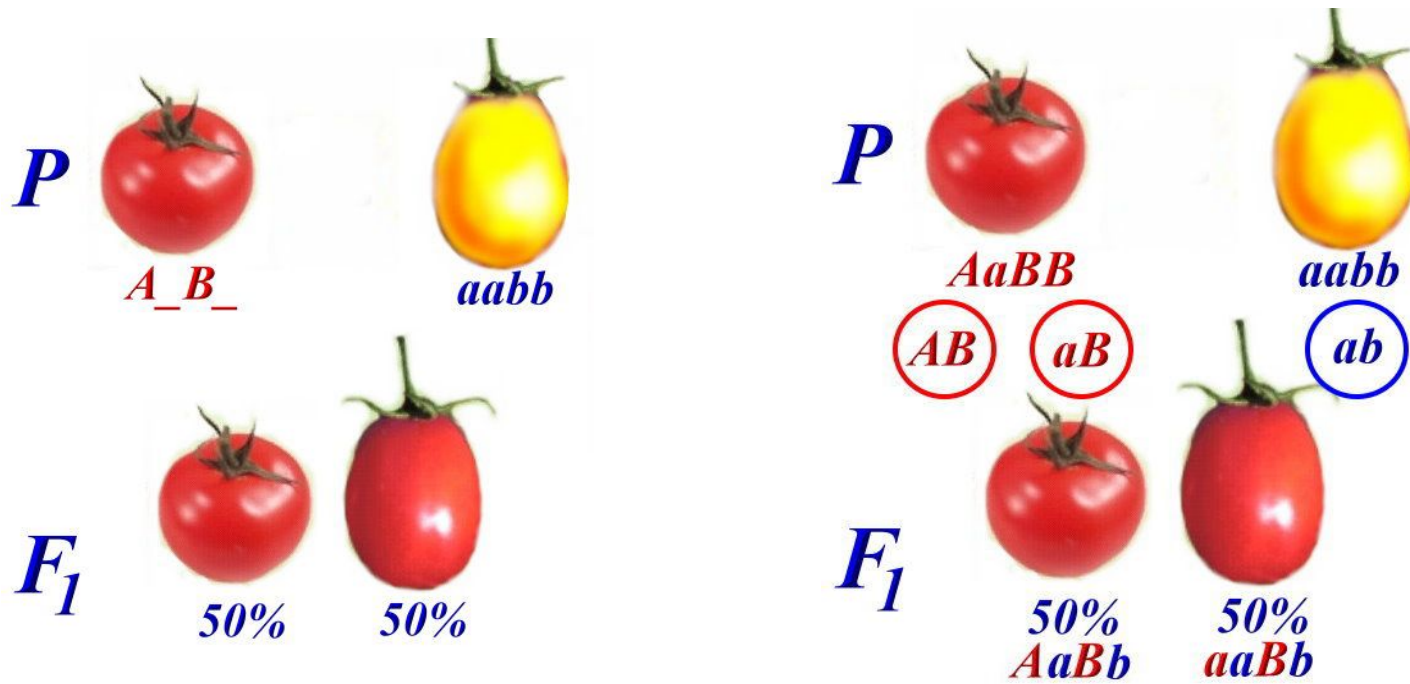
*АВ и Ав.*

## Задача:



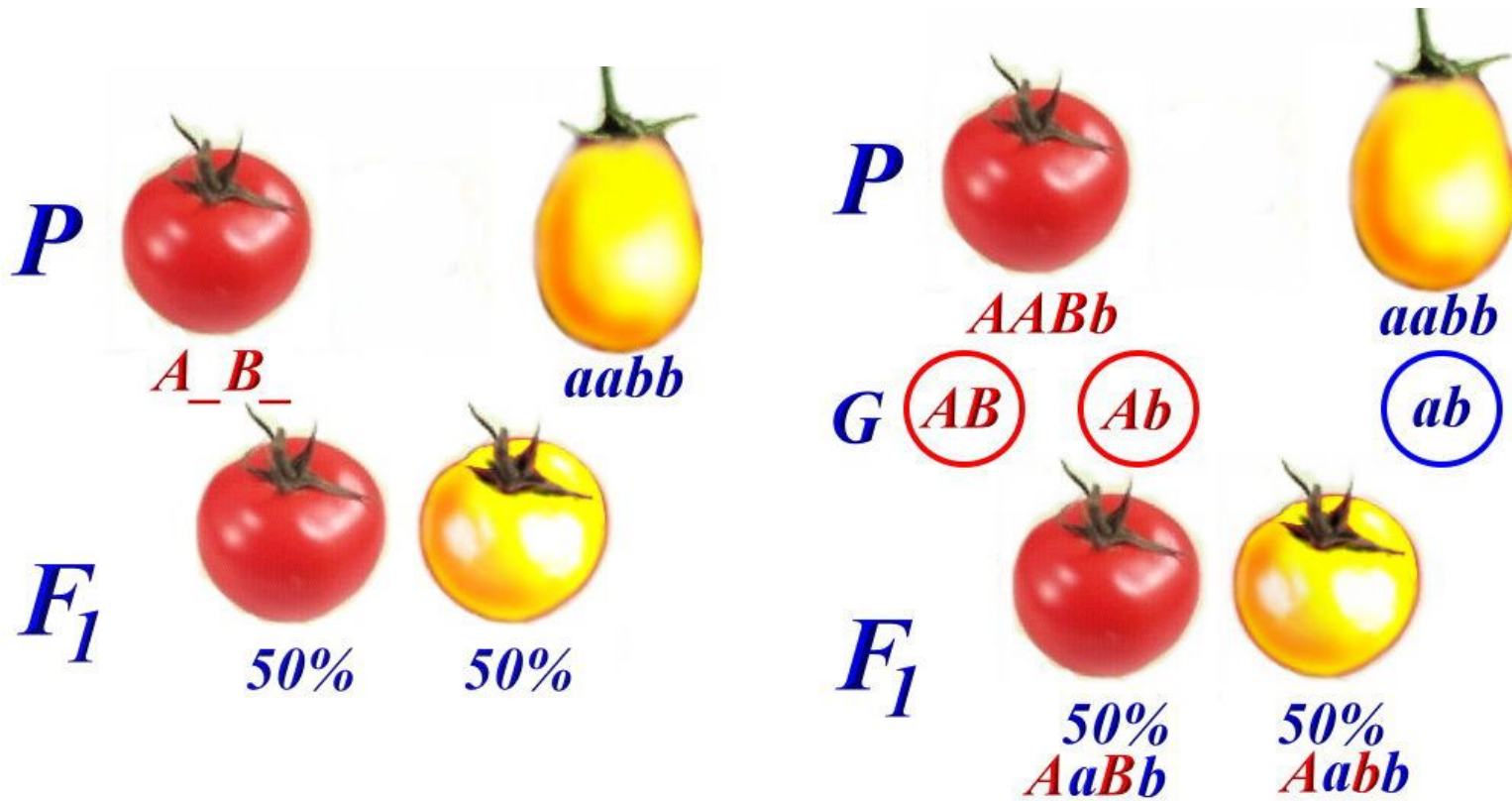
У томатов круглая форма плодов (A) доминирует над грушевидной (a), красная окраска плодов (B) — над желтой (b). Растения с округлыми красными плодами скрещены с растениями, обладающими грушевидными желтыми плодами. Определите генотипы родителей и потомства.

## Задача:



У томатов круглая форма плодов (A) доминирует над грушевидной (a), красная окраска плодов (B) — над желтой (b). Растения с округлыми красными плодами скрещены с растениями, обладающими грушевидными желтыми плодами. Определите генотипы родителей и потомства.

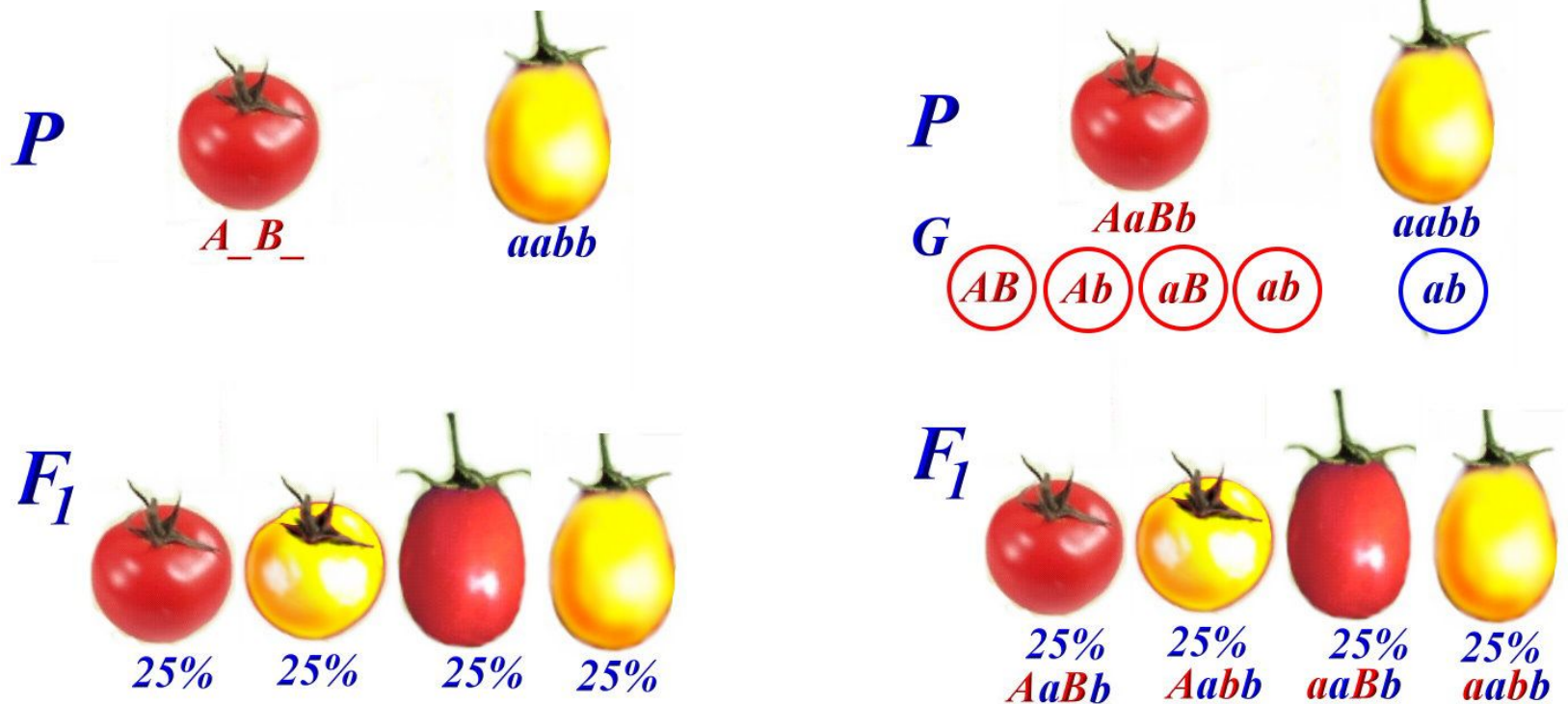
## Задача:



У томатов круглая форма плодов (A) доминирует над грушевидной (a), красная окраска плодов (B) — над желтой (b). Растения с округлыми красными плодами скрещены с растениями, обладающими грушевидными желтыми плодами. Определите генотипы родителей и потомства.



## Задача:



У томатов круглая форма плодов (A) доминирует над грушевидной (a), красная окраска плодов (B) — над желтой (b). Растения с округлыми красными плодами скрещены с растениями, обладающими грушевидными желтыми плодами. Определите генотипы родителей и потомства.

## Задача:

В семье у кареглазых родителей имеется четверо детей. Двое из них голубоглазые и имеют I и IV группы крови. Определите вероятность рождения следующего ребенка кареглазым с I группой крови.

*Определяем генотипы родителей. Так как один из детей имеет I группу  $I^0I^0$ , а второй – IV ( $I^AI^B$ ), то один из родителей имеет II группу крови ( $I^AI^0$ ), второй III группу ( $I^BI^0$ ). Так как у кареглазых родителей двое детей голубоглазые, то родители гетерозиготны и карий цвет глаз доминантный признак. Следовательно их генотипы  $AaI^AI^0$ ,  $AaI^BI^0$ .*

*Определяем вероятность рождения следующего ребенка кареглазым с I первой группой крови:*

- 1.  $Aa \times Aa$ . Вероятность рождения кареглазого  $3/4$ .*
- 2.  $I^AI^0 \times I^BI^0$ . Вероятность рождения с первой группой  $1/4$ .*
- 3. Для определения вероятности рождения следующего ребенка кареглазым с I группой крови, вероятности перемножаем:  $3/4 \times 1/4 = 3/16$ .*

*Ответ: вероятность рождения следующего ребенка кареглазым с I группой крови равна  $3/16$ .*

## Задача:

В семье у резус-положительных родителей со II и III группой крови родились двое детей, резус-положительный мальчик с I группой крови и резус-отрицательная девочка с IV. Определите вероятность рождения следующего ребенка резус-отрицательного с I группой крови. Резус-фактор наследуется по аутосомно-доминантному типу.

*Определяем генотипы родителей. Так как у резус-положительных родителей резус-отрицательная девочка, значит они гетерозиготны ( $Rh^+rh^-$ ). Так родился мальчик с первой группой крови, следовательно они гетерозиготны и по группе крови  $I^A I^O$ ,  $I^B I^O$ . Следовательно их генотипы  $Rh^+rh^- I^A I^O$ ,  $Rh^+rh^- I^B I^O$ .*

*Определяем вероятность рождения следующего ребенка резус-отрицательного с I первой группой крови:*

- 1.  $Rh^+rh^- \times Rh^+rh^-$ . Вероятность рождения резус-отрицательного  $1/4$ .*
- 2.  $I^A I^O \times I^B I^O$ . Вероятность рождения с первой группой  $1/4$ .*
- 3. Для определения вероятности рождения следующего ребенка резус-отрицательного с I группой крови, вероятности перемножаем:  $1/4 \times 1/4 = 1/16$ .*

*Ответ: вероятность рождения следующего ребенка резус-отрицательного с I группой крови равна  $1/16$ .*

## Задача:



На планете Фаэтон от брака бракозявры курящего, плюющего и ругачего с такой же бракозявручкой, родился бракозяврик некурящий, неплюющий и неругачий. Каковы вероятности рождения второго такого же бракозяврика и бракозяврика курящего, плюющего и ругачего. Известно, что данные признаки расположены в разных парах гомологичных хромосом.

В соответствии с условием, введем обозначения аллелей: А – курящий, а – некурящий, В – плюющий, в – неплюющий, С – ругачий, с – неругачий. Определим генотипы родителей и потомства. Некурящий, неплюющий и неругачий бракозяврик мог появиться только от папы и мамы, гетерозиготных по этим генам (с генотипами  $AaBbCc$ ). Проведем анализ тригибридного скрещивания, как трех моногибридных:

$$\begin{array}{ccc} 1) Aa \times Aa & 2) Bb \times Bb & 3) Cc \times Cc \\ F_1 \frac{AA + 2Aa + aa}{3/4 \quad 1/4} & F_1 \frac{BB + 2Bb + bb}{3/4 \quad 1/4} & F_1 \frac{CC + 2Cc + cc}{3/4 \quad 1/4} \end{array}$$

В соответствии с теоремой умножения вероятностей, вероятность рождения еще одного бракозяврика некурящего, неплюющего и неругачего ( $aabbcc$ ) равна  $1/64$  ( $1/4 \times 1/4 \times 1/4$ ), а вероятность рождения бракозяврика некрасивого, плюющего и ругачего ( $A\_B\_C\_$ ) равна  $27/64$  ( $3/4 \times 3/4 \times 3/4$ ).