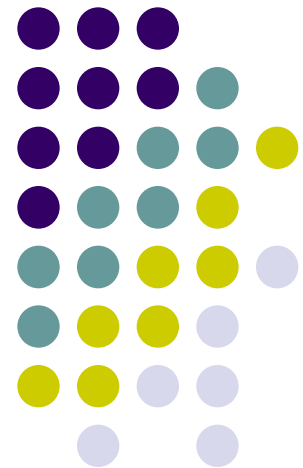


Законы Менделя

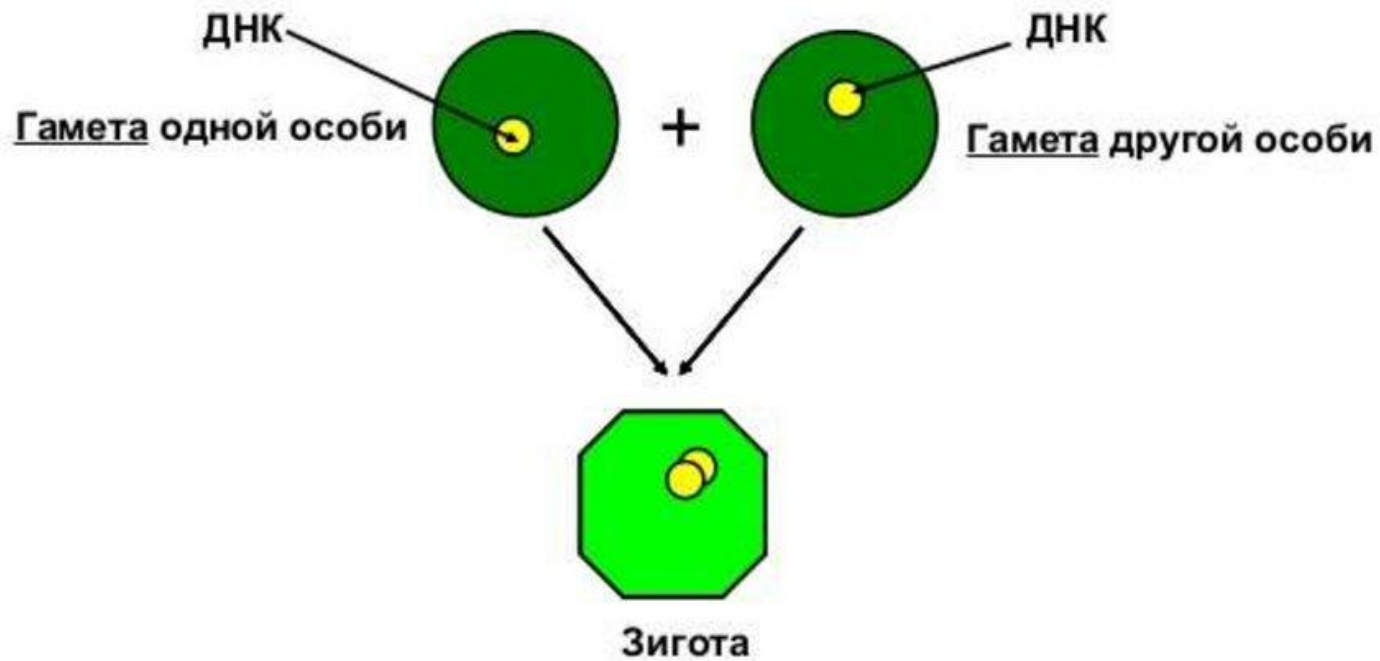




Задачи урока:

- Продолжить знакомство с основными генетическими понятиями и терминами.
- Учиться правильно раскрывать сущность основных понятий генетики.
- Познакомиться с опытами Г.Менделя
- Изучить закономерности наследования: единообразии гибридов первого поколения, расщепление признаков у гибридов второго поколения, неполное доминирование, независимое расщепление

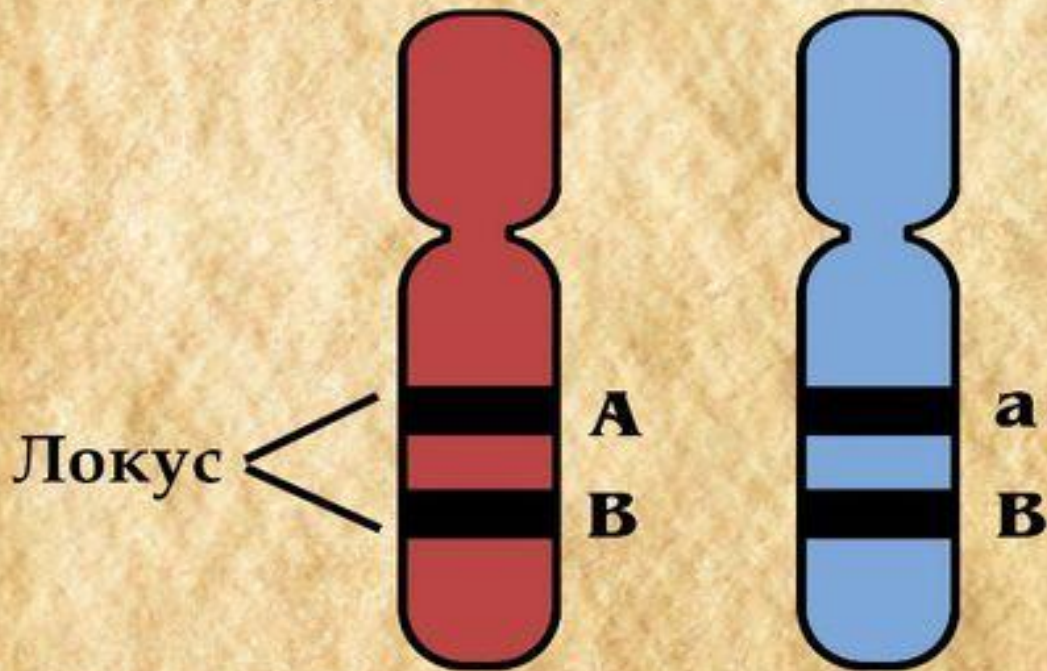
Половое размножение



Гомологичные хромосомы - это парные хромосомы одинаковые по форме, размеру и набору генов (гомологи) по одной от каждого родителя в диплоидной клетке.

Материнская

Отцовская

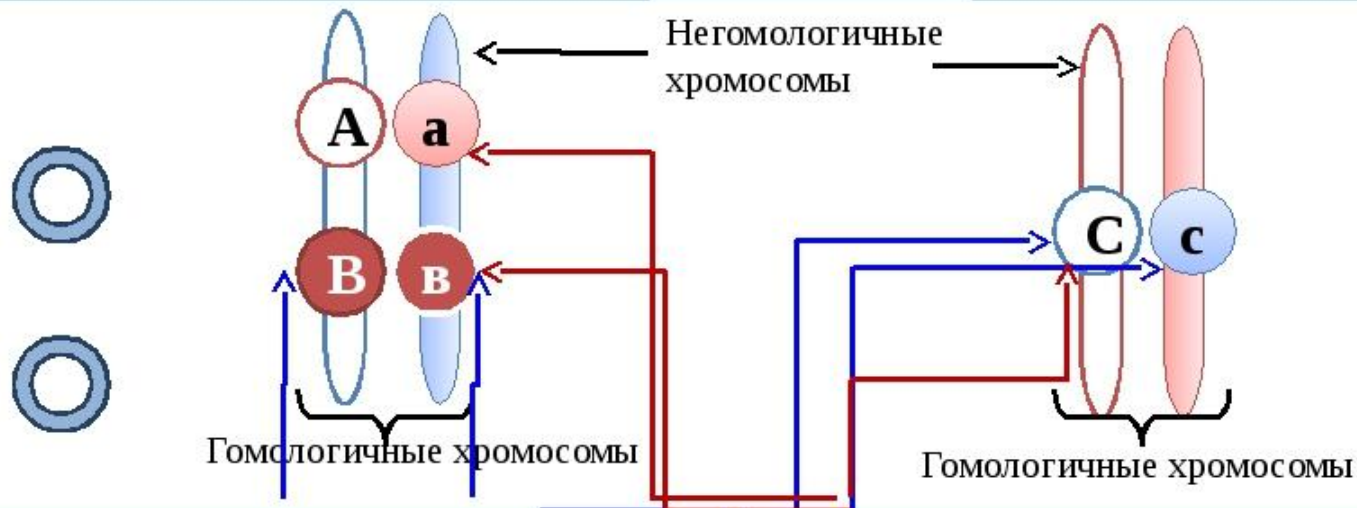


A, a - аллельные гены. Особь гетерозиготная по гену (A)

B, B - аллельные гены. Особь гомозиготна по гену (B)

Взаимодействие неаллельных генов

Какие гены называются аллельными, а какие – неаллельными?

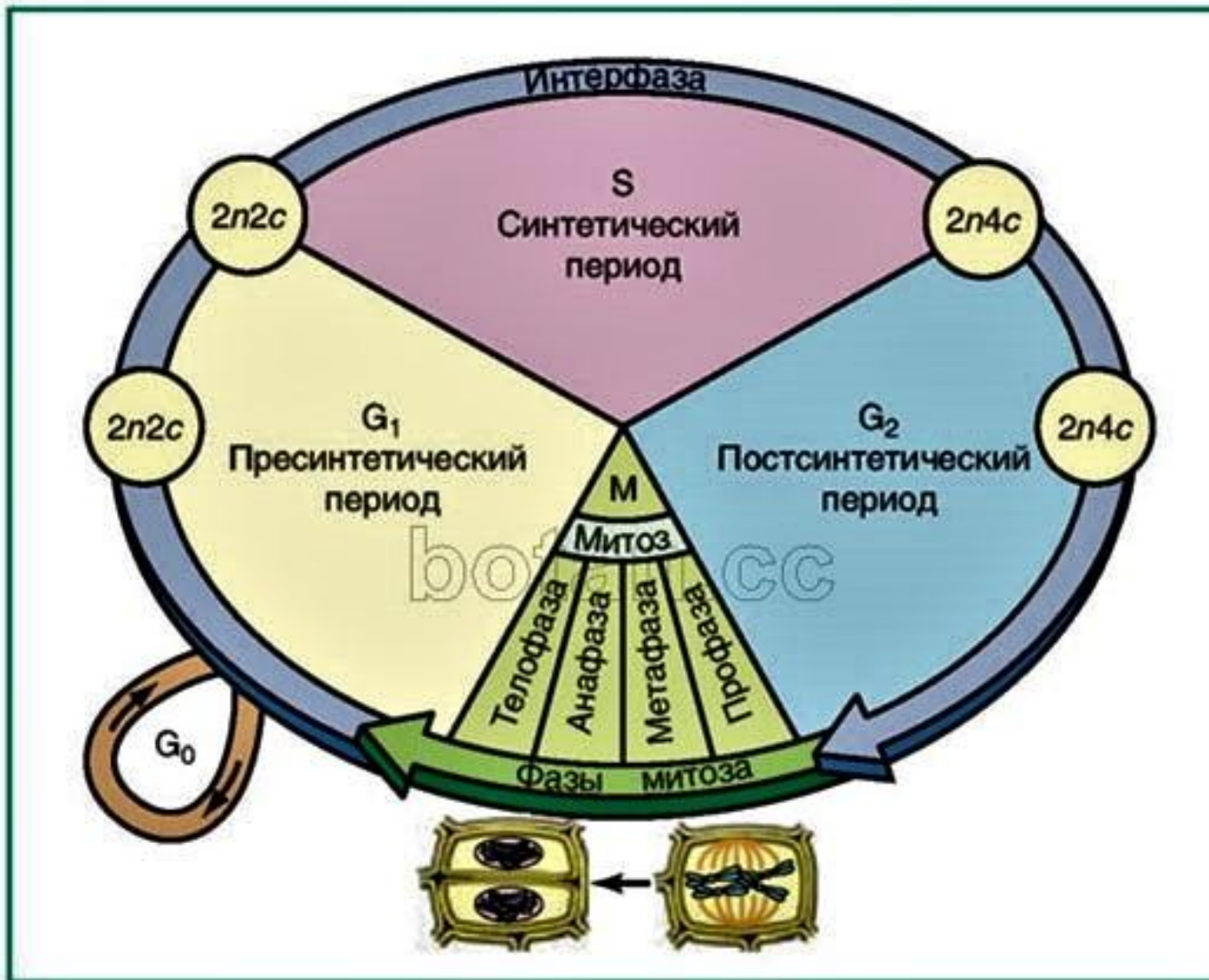
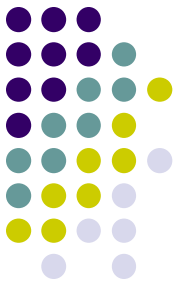


Аллельные гены

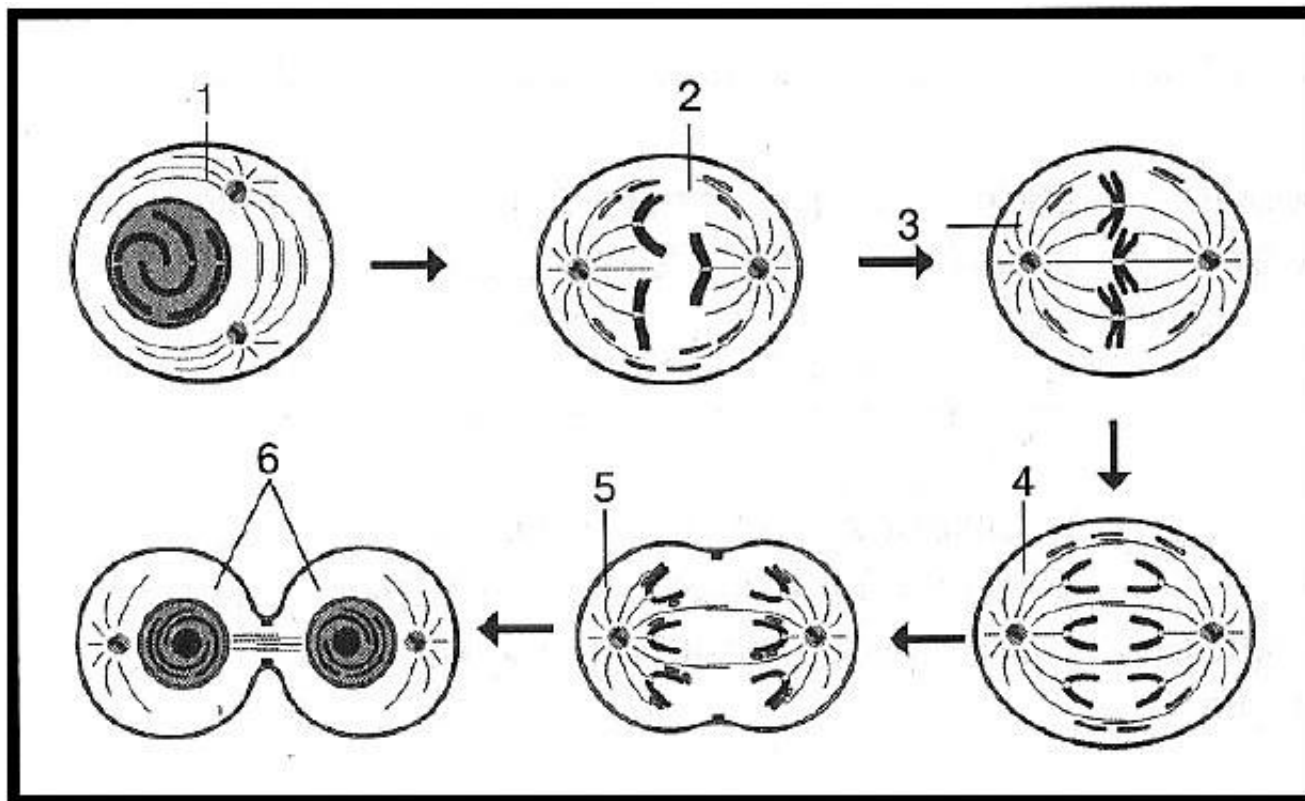
Расположены в гомологичных хромосомах, занимают одни и те же локусы, обозначаются одинаковыми буквами латинского алфавита

Неаллельные гены

Расположены в гомологичных или негомологичных хромосомах, занимают разные локусы в них, обозначаются разными буквами латинского алфавита

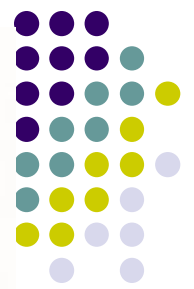


Периоды клеточного цикла ($2n$ — диплоидный набор хромосом; $2c$, $4c$ — количество сестринских хроматид в наборе)



Стадии митоза

- 1 — профаза
- 2 — прометафаза
- 3 — метафаза
- 4 — анафаза
- 5 — телофаза
- 6 — цитокинез



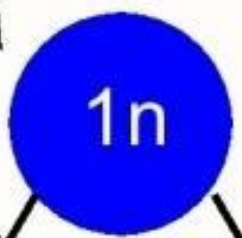
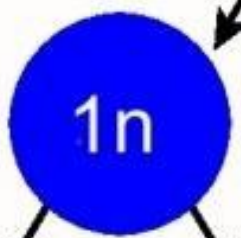
Meiosis



DNA Replication



Meiosis I



Meiosis II

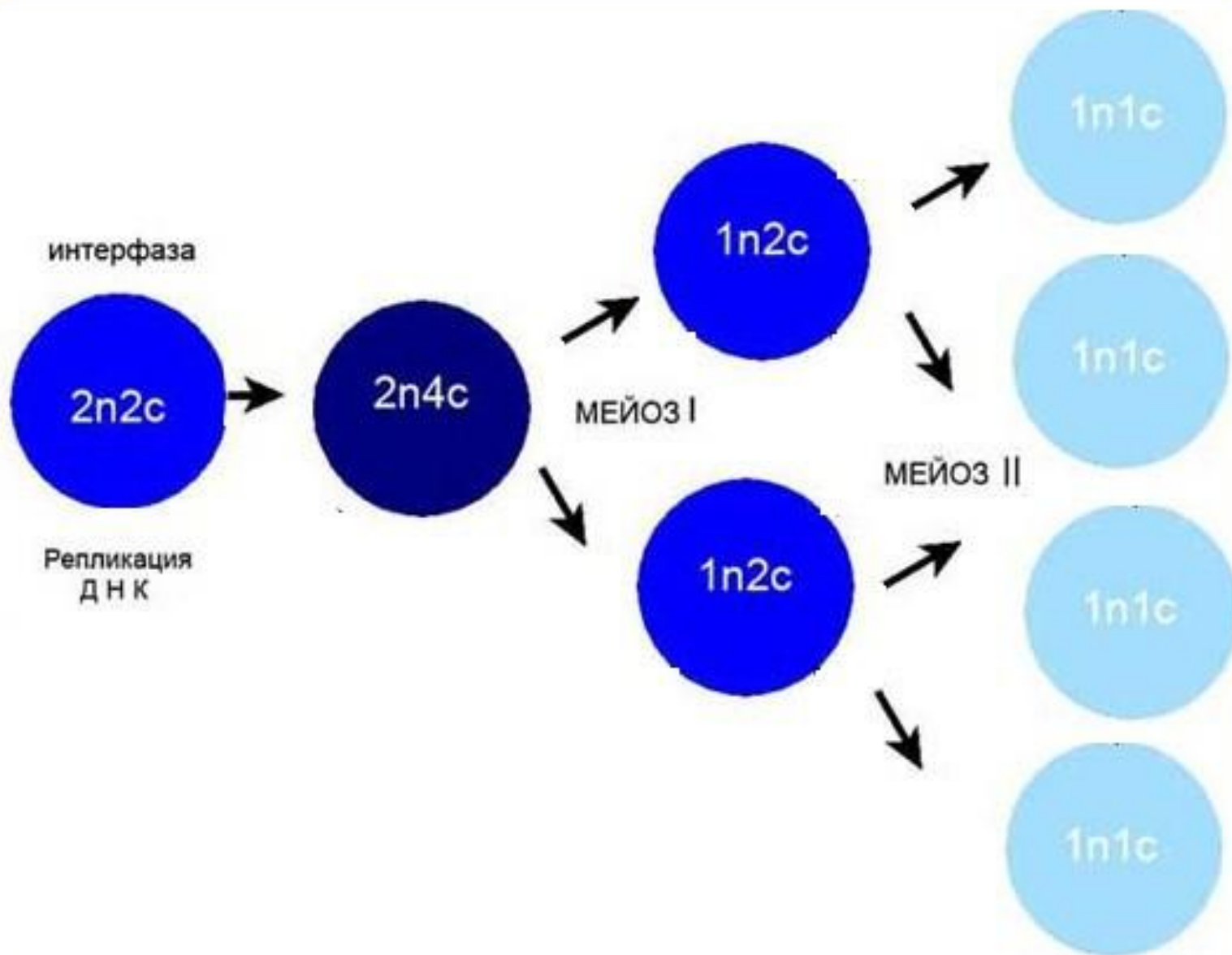
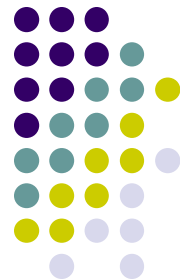


Mitosis

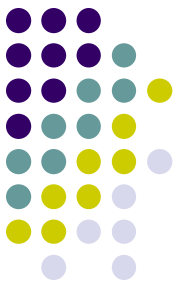


Mitosis





Грегор Мендель (1822 – 1884 гг.) -

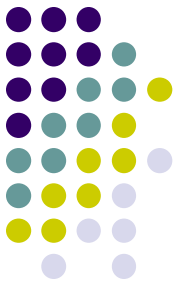


выдающийся чешский учёный. Основоположник генетики. Впервые обнаружил существование наследственных факторов, впоследствии названных генами.

Мендель родился в крестьянской семье. Ещё в детстве увлекался садоводством и плодоводством. Отсутствие средств для продолжения учения и желание посвятить себя педагогической деятельности побудили Менделя стать послушником Августинского монастыря в городе Брно (Чехословакия). После двухлетнего пребывания в Венском университете, где он увлечённо изучал физику, химию, высшую математику, зоологию и ботанику, в 1856-1863 гг. в монастырском саду Мендель проводил свои классические опыты по скрещиванию гороха. Результаты исследований он доложил на заседании Общества естествоиспытателей в 1865 г. В Брно, а в 1866 г. Опубликовал небольшую книгу **«Опыты над растительными гибридами»**. Однако гениальная работа Менделя была принята скептически его современниками учёными.

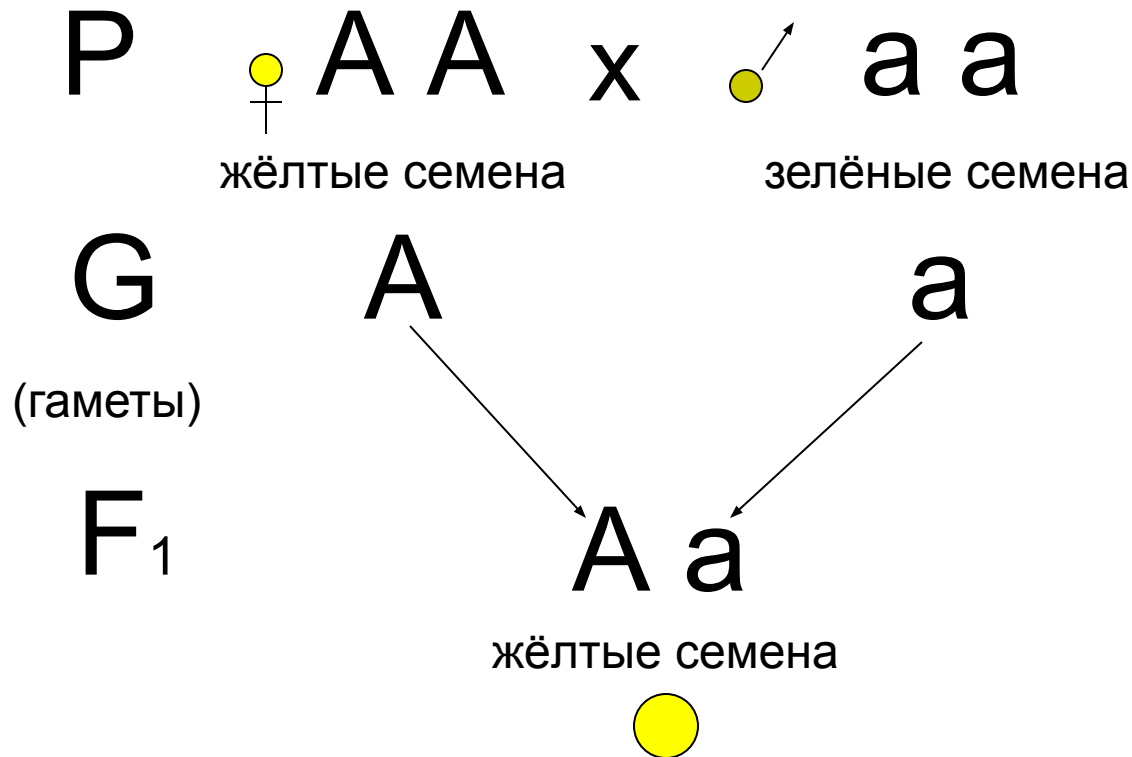
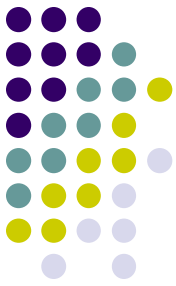
В 1900 г. Г. Де Фриз в Голландии, К. Корренс в Германии и Э. Чермак в Австрии независимо друг от друга «переоткрыли» законы наследования признаков, установленные Г. Менделем. 1900 г. считается официальной датой рождения относительно молодой науки – генетики.

Особенности опытов Менделя



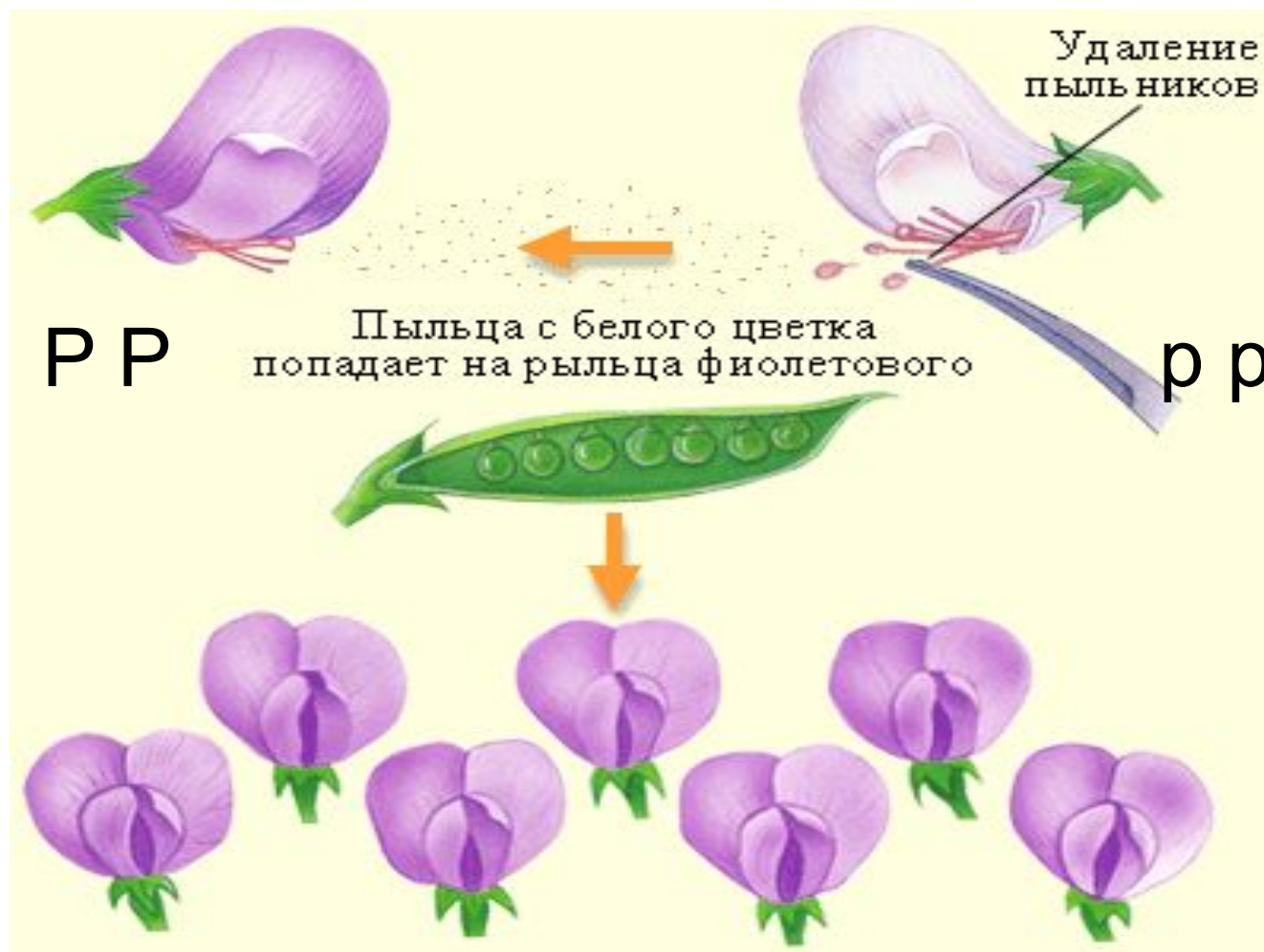
- Использование чистых линий (растений, в потомстве которых при самоопылении не наблюдается расщепление по изучаемому признаку)
- Наблюдение за наследованием альтернативных признаков
- Точный количественный учёт и математическая обработка данных
- Наблюдение за наследованием многообразных признаков не сразу в совокупности, а лишь одной пары

Первый закон Менделя – закон единообразия гибридов первого поколения



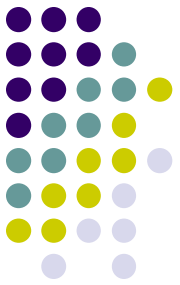
Понятия: моногибридное скрещивание, гомозигота, гетерозигота, гаметы, доминантный признак, рецессивный признак, аллельные гены

Закон единообразия гибридов первого поколения



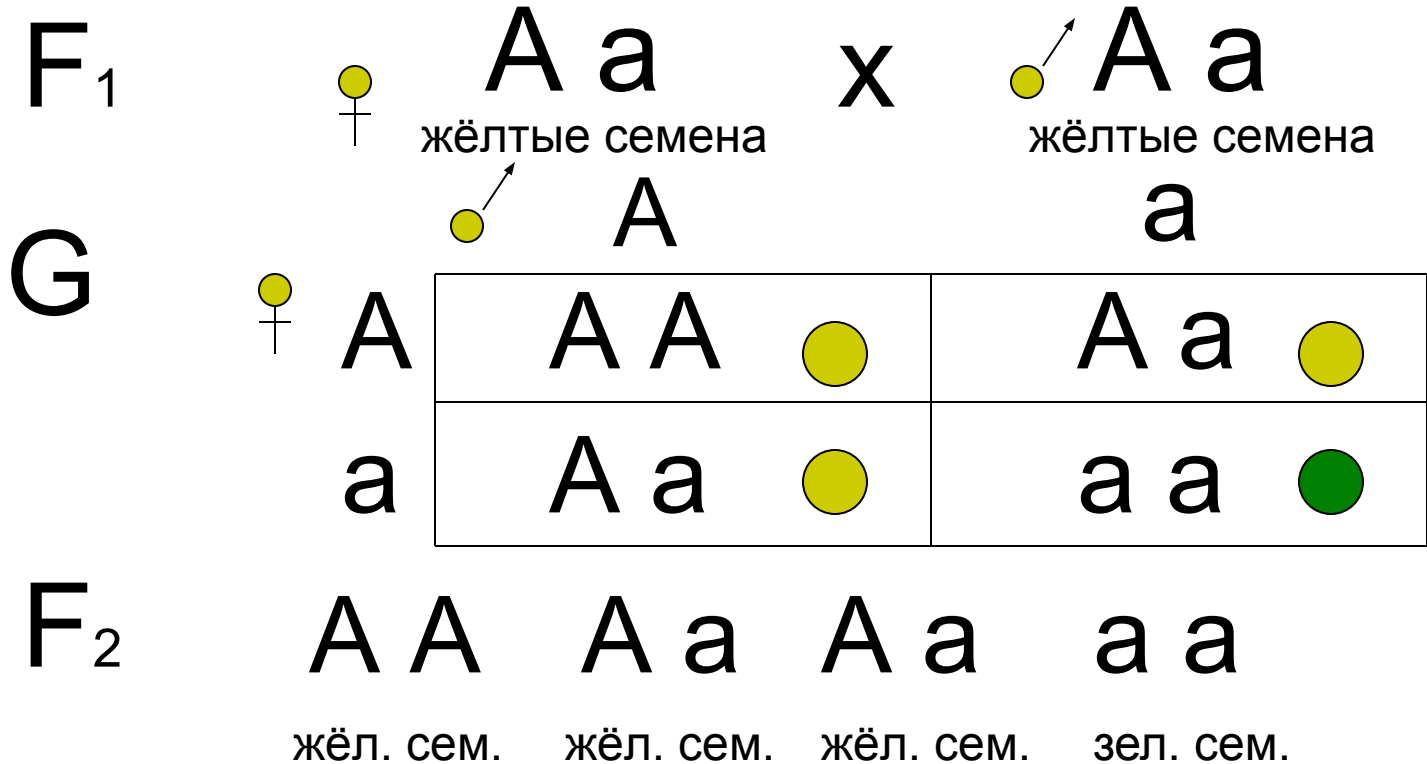
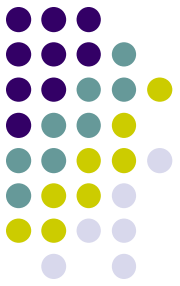
Понятия: моногибридное скрещивание, гомозигота, гетерозигота, гаметы, доминантный признак, рецессивный признак, аллельные гены

I закон Менделя (закон единообразия гибридов первого поколения или правило доминирования) – при моногибридном скрещивании у гибридов первого поколения проявляются только доминантные признаки – оно фенотипически единообразно



Второй закон Менделя –

закон расщепления

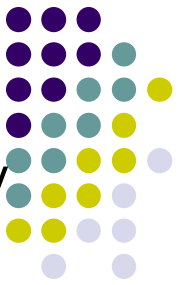


3 : 1 (по фенотипу)

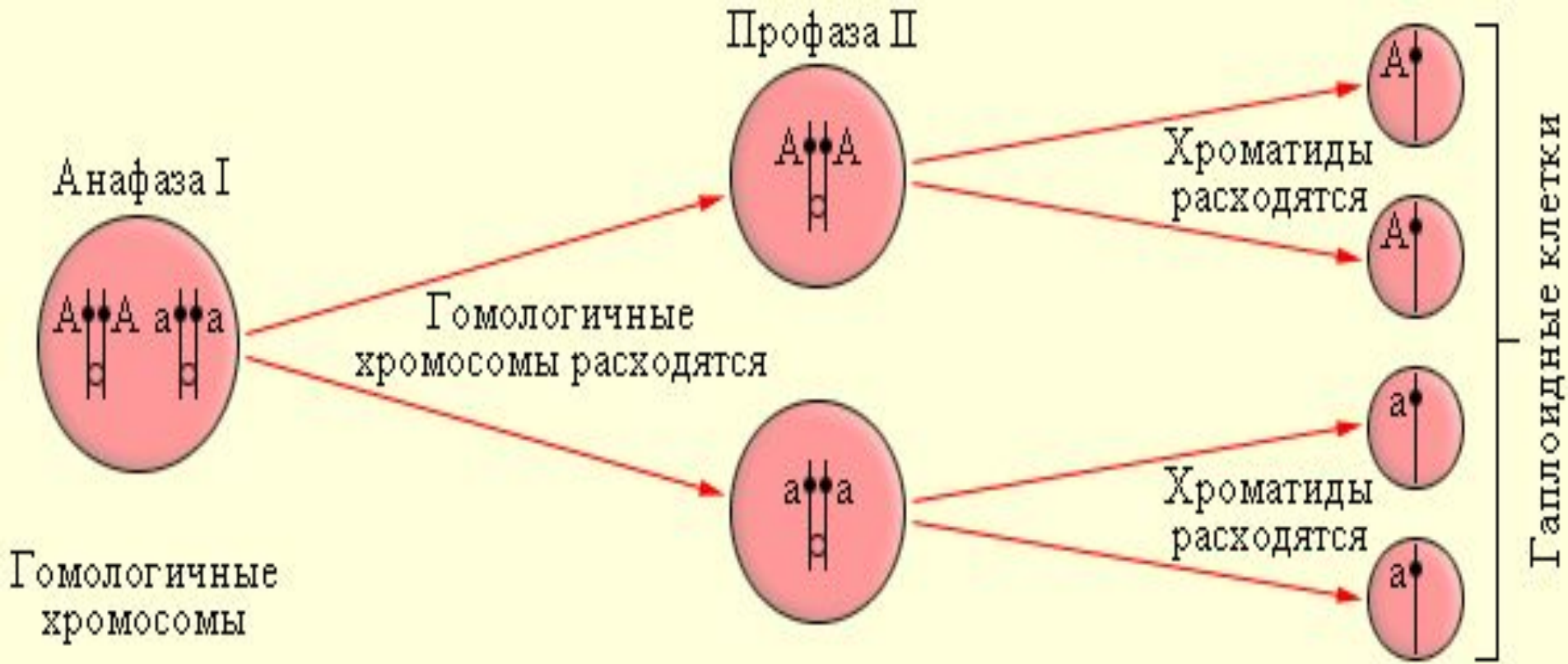
Понятия: решётка Пеннета, генотип, фенотип,

I закон Менделя (закон единообразия гибридов первого поколения или правило доминирования) - при моногибридном скрещивании у гибридов первого поколения проявляются только доминантные признаки – оно фенотипически единообразно

II закон Менделя (закон расщепления) – в потомстве, полученном от скрещивания гибридов первого поколения, наблюдается явление расщепления: четверть особей из гибридов второго поколения несёт рецессивный признак, три четверти - доминантный

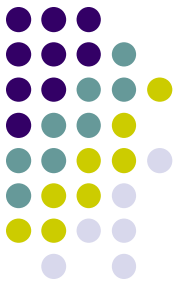


Цитологические основы



Закон чистоты гамет: при образовании половых клеток в каждую гамету попадает только один ген из аллельной пары

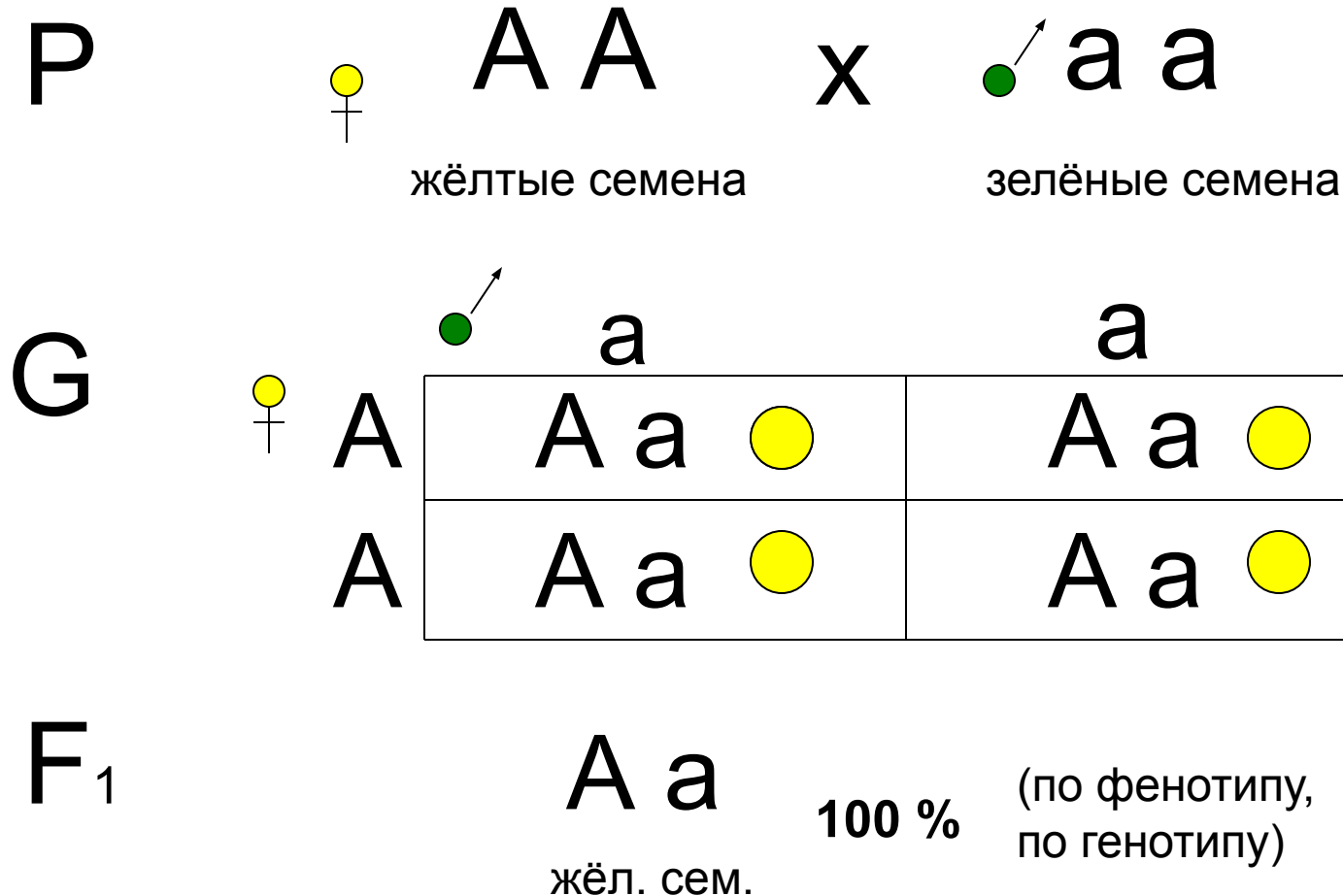
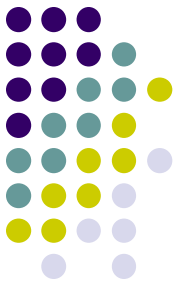
Понятия: гаметы, аллельные гены



Генотип	А А	?	А а
Фенотип	 Жёлтые семена		 Жёлтые семена

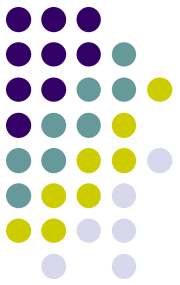
Как определить генотип?

Анализирующее скрещивание







Понятия: анализирующее скрещивание как один из основных методов, позволяющих установить генотип особи

Анализирующее скрещивание



Р ♀ Aa х ♂ aa
 жёлтые семена зелёные семена

G ♀

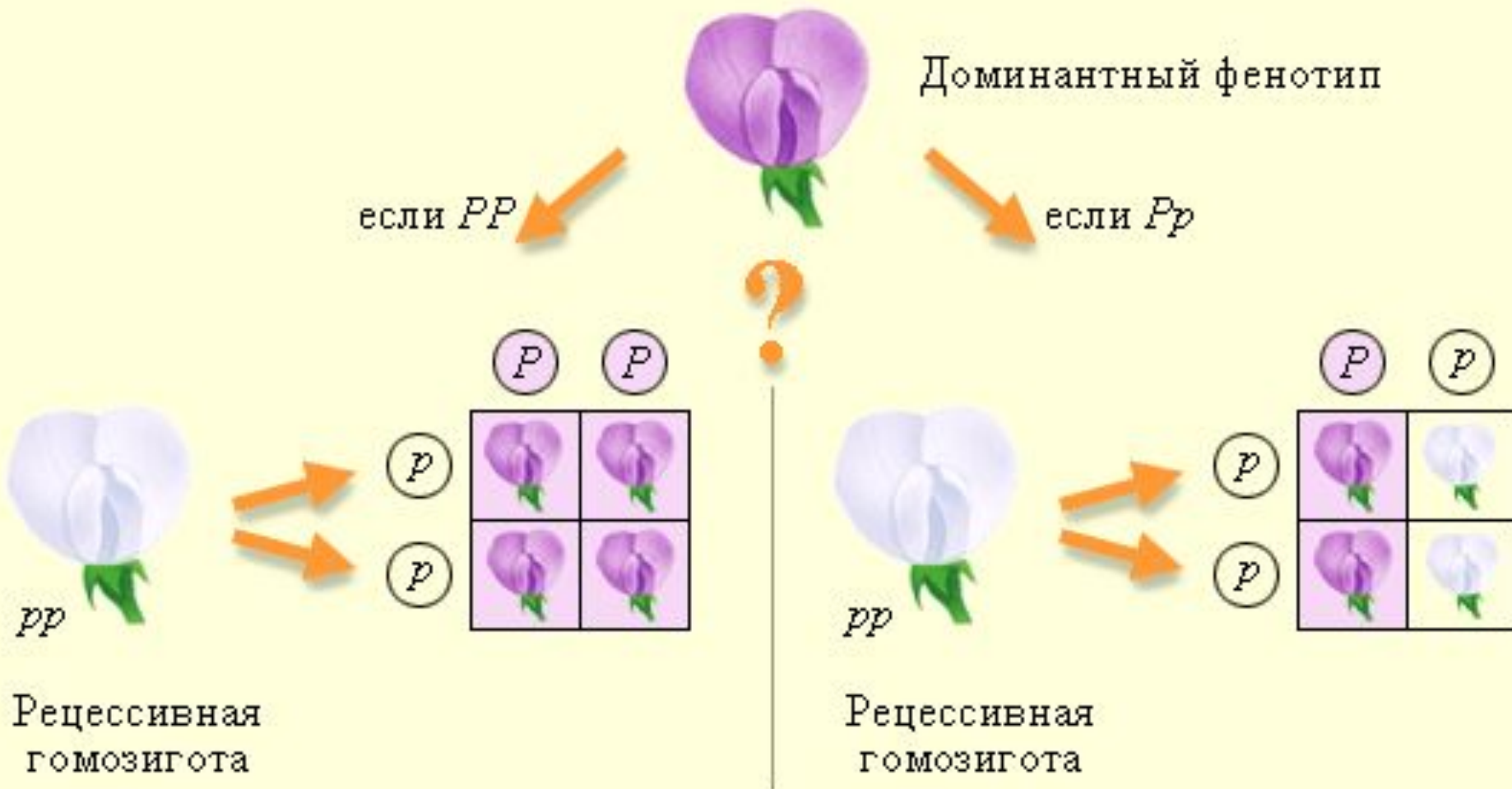
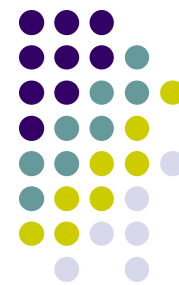
		a	a
A	Aa		Aa 
a	aa		aa 

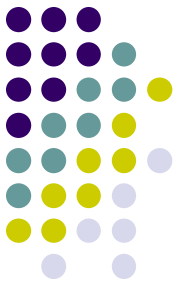
F₁ Aa aa
 жёл. сем. зел. сем.

1 : 1 (по фенотипу,
по генотипу)

Понятия: анализирующее скрещивание




Анализирующее скрещивание



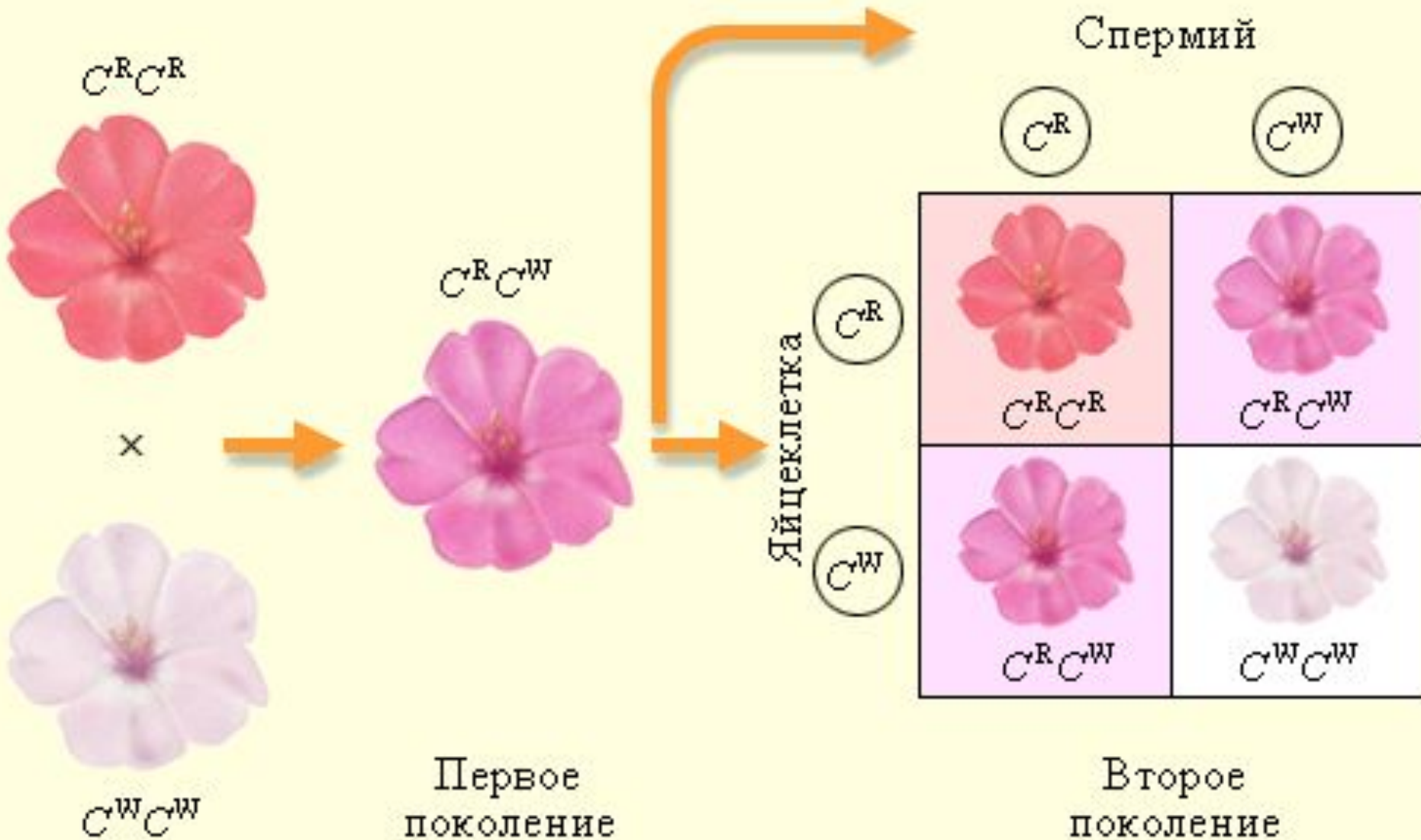


Генотип	А А	?	А а
Фенотип	Жёлтые семена 		Жёлтые семена 

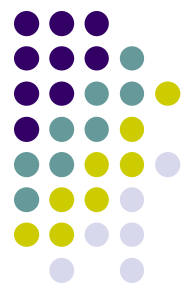
Результаты анализирующего скрещивания

100 %	50 %	50 %
растения с желтыми семенами	растения с желтыми семенами	растения с зелёными семенами
		

Неполное доминирование



Неполное доминирование



P $\text{AA} \times \text{aa}$

красные цветки белые цветки





G
(гаметы)

A a

F₁

$\text{Aa} \times \text{Aa}$
розовые цветки розовые цветки

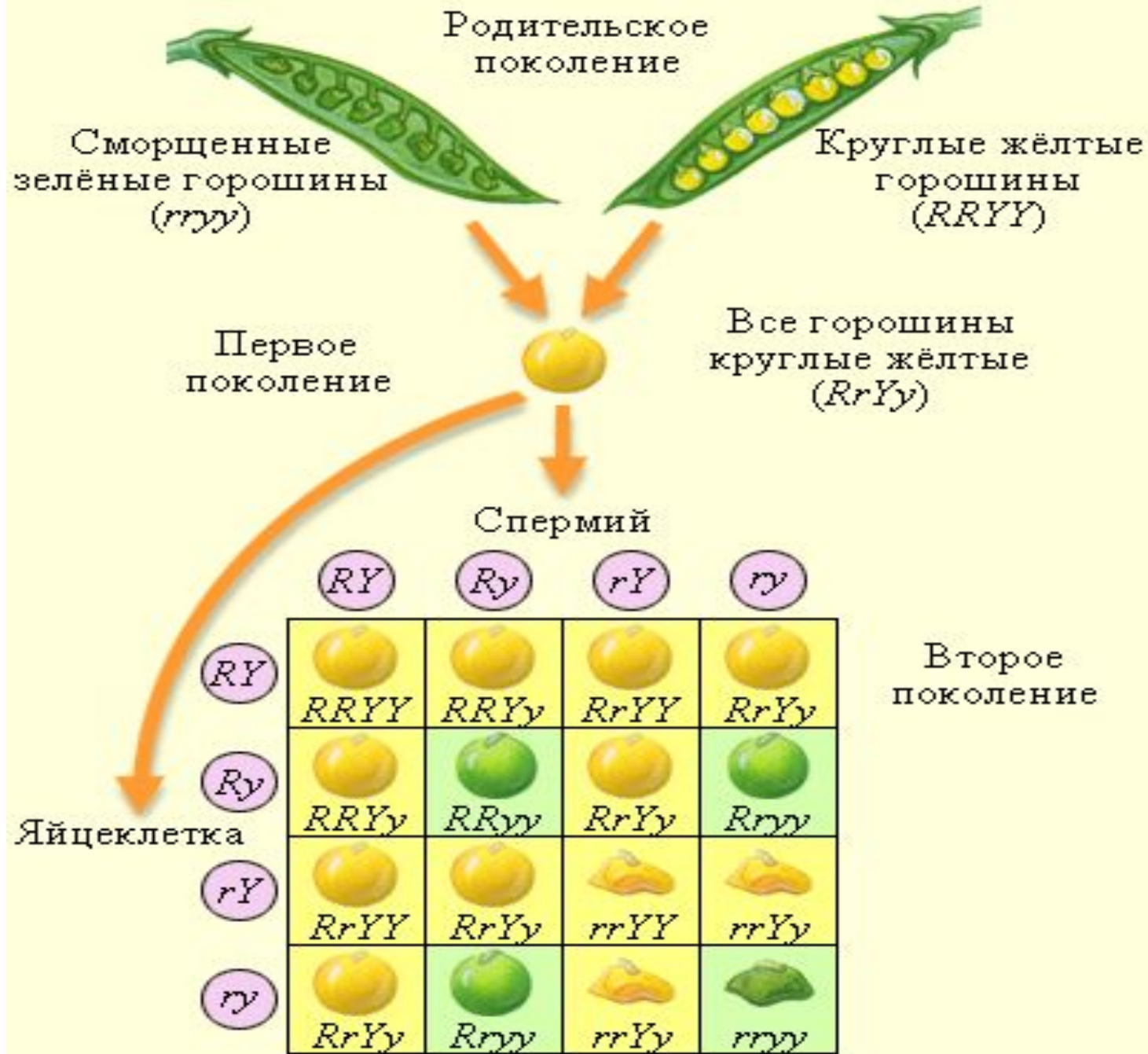
G

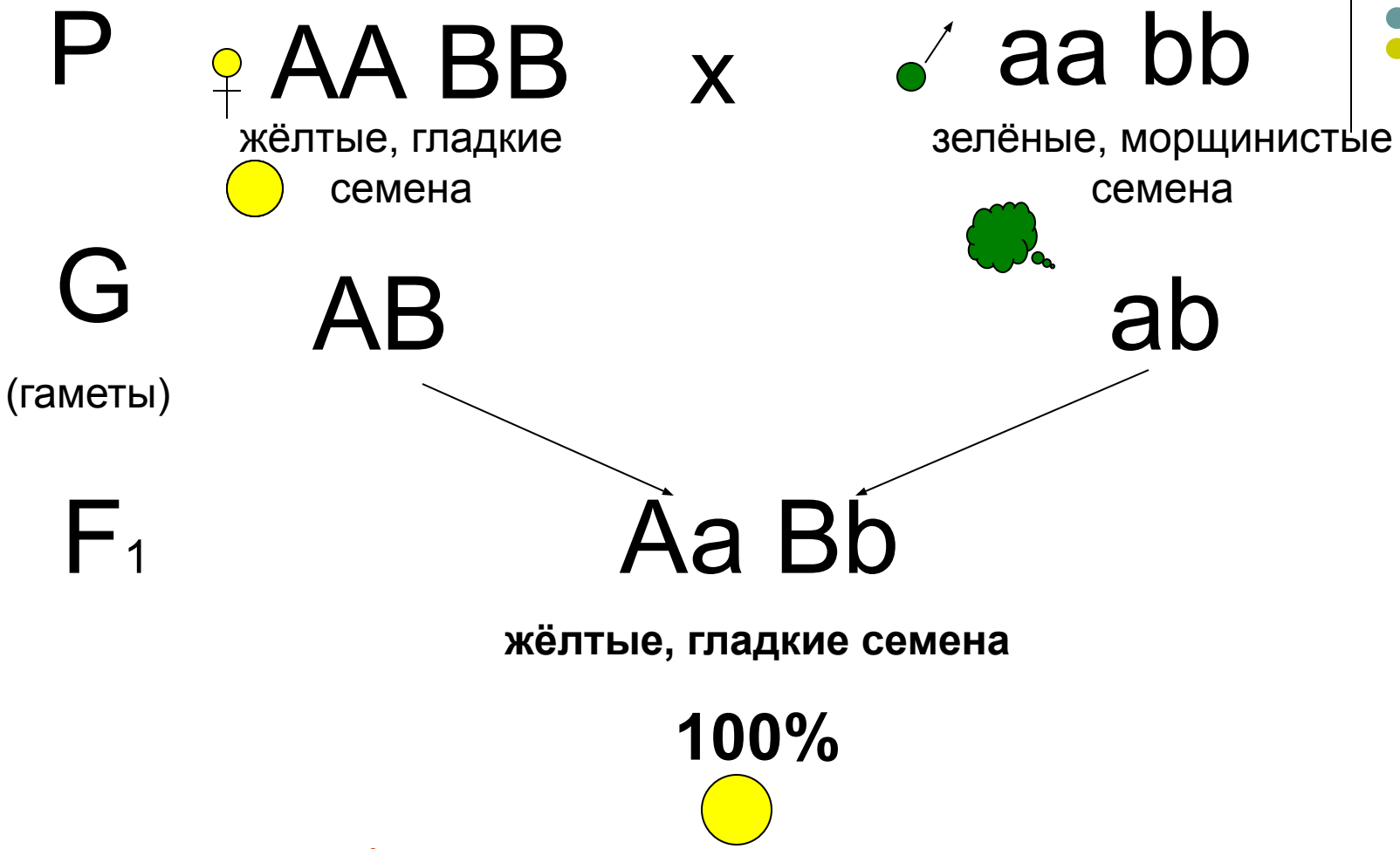
♀	A	AA 	Aa 
	a	Aa 	aa 

F₂

AA Aa Aa aa (по генотипу,
кр. цветки роз. цв. роз. цв. бел. цв. по фенотипу)

1 2 1

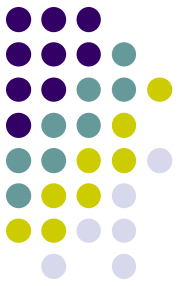




Понятия: дигибридное скрещивание, гомозигота, гетерозигота, гаметы, доминантный признак, рецессивный признак, аллельные гены, решётка Пеннета

III закон Менделя –

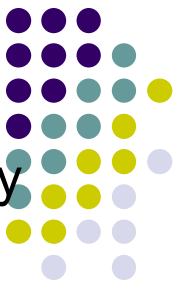
закон независимого расщепления



F_1 ♀ **Aa Bb** жёлтые, гладкие семена × ♂ **Aa Bb** жёлтые, гладкие семена

G
(гаметы)

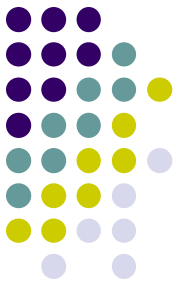
	♂ AB	Ab	aB	ab
♀ AB	AABB ●	AABb ●	AaBB ●	AaBb ●
Ab	AABb ●	AAbb ●	AaBb ●	Aabb ●
aB	AaBB ●	AaBb ●	aaBB ●	aaBb ●
ab	AaBb ●	Aabb ●	aaBb ●	aabb ●
	9	3	3	1
	ж. гл. с.	ж. морщ. с.	зел. гл. с.	зел. морщ. с.



I закон Менделя (закон единообразия гибридов первого поколения или правило доминирования) – при моногибридном скрещивании у гибридов первого поколения проявляются только доминантные признаки – оно фенотипически единообразно

II закон Менделя (закон расщепления) – в потомстве, полученном от скрещивания гибридов первого поколения, наблюдается явление расщепления: четверть особей из гибридов второго поколения несёт рецессивный признак, три четверти – доминантный

III закон Менделя (закон независимого расщепления или закон независимого комбинирования признаков) – при дигибридном скрещивании у гибридов каждая пара признаков наследуется независимо от других и даёт с ними разные сочетания. Образуются фенотипические группы, характеризующиеся отношением 9:3:3:1 (*расщепление по каждой паре генов идёт независимо от других пар генов*)



ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ

(Решить одну задачу по выбору)

руководство размещено ниже.

Задача 2-2

Гладкая окраска арбузов наследуется как рецессивный признак. Какое потомство получится от скрещивания двух гетерозиготных растений с полосатыми плодами?

Задача 2-5

Седая прядь волос у человека – доминантный признак. Определить генотипы родителей и детей, если известно, что у матери есть седая прядь волос, у отца – нет, а из двух детей в семье один имеет седую прядь, а другой не имеет.

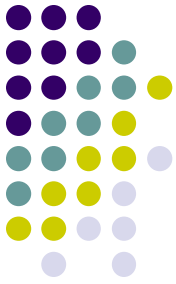
Задача 2-8

У овса ранняя спелость доминирует над позднеспелостью. На опытном участке от скрещивания позднеспелого овса с гетерозиготным раннеспелым получено 69134 растения раннего созревания. Определить число позднеспелых растений.

Задача 2-20



АЛГОРИТМ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ПО ГЕНЕТИКЕ



1. Внимательно читаем условие задачи (лучше прочитать 2 раза).

2. Записываем его, выделяя доминантные и рецессивные признаки и используя принятую генетическую символику и сокращения (**фенотипы записывать обязательно!**). Вначале записываем, что дано (признаки родительских форм), а затем то, что требуется определить (признаки потомков).

- Родительские организмы обозначаем латинской буквой **P**, на первом месте ставим (так принято) женский пол – ♀ (зеркало Венеры), на втором – мужской ♂ (щит и копьё Марса).

- Потомство от скрещивания (гибриды) обозначаем буквой **F**, цифрой в индексе обозначаем порядок поколения, например, F_1 , F_2 , F_3 , ..., F_n .

- Доминантный признак обозначаем произвольно (если в условии задачи не даётся определённое обозначение признака) любой заглавной буквой латинского алфавита, а рецессивный признак (аллельный) – той же строчной буквой, например, $A - a$, $B - b$, $C - c$, $D - d$, $L - l$ и т. д.

3. Вносим в условие известные гены: если проявляется доминантный признак – один ген ($A_$), а если рецессивный – оба (aa). Выясняем, сколько пар генов кодируют перечисленные в задаче признаки, число фенотипических классов в потомстве и их количественное соотношение. Кроме этого, учитываем, связано ли наследование признака (-ов) с половыми хромосомами, сцепленное оно или независимое, а также какие гены взаимодействуют при наследовании – аллельные или неаллельные.

4. Уточняем генотипы родительских форм и потомков и приступаем к решению задачи, соблюдая определённую последовательность. Сначала составляем цитологическую схему скрещивания родительских форм (**обязательно указываем фенотипы!**).



При записи гамет мы должны помнить, что

- каждая гамета получает гаплоидный (одинарный) набор хромосом (генов);
- все гены имеются в гаметах;
- в каждую гамету попадает только одна гомологичная хромосома из каждой пары, то есть только один ген из каждой аллели;
- потомок получает одну гомологичную хромосому (один аллельный ген) от отца, а другой аллельный ген – от матери;
- гетерозиготные организмы при полном доминировании всегда проявляют доминантный признак, а организмы с рецессивным признаком всегда гомозиготны;
- буквенные обозначения того или иного типа гамет записываем под обозначениями генотипов, на основе которых они образуются.

6. Заполняем решётку Пеннета, находим в ней интересующие нас генотипы и фенотипы потомков и вычисляем вероятность их появления. В решётке Пеннета по горизонтали располагаем женские гаметы, а по вертикали – мужские. В ячейки решётки вписываем образующиеся сочетания гамет – зиготы. Затем записываем фенотипы потомства.

7. Даём ответы на все вопросы задачи (ответы убедительно аргументируем!).

Основные правила, помогающие в решении генетических задач

Правило	Если ...	то ...
1	при скрещивании двух фенотипически одинаковых особей в их потомстве наблюдается расщепление признаков в соотношении 3 : 1,	эти особи гетерозиготны (моногибридное скрещивание, полное доминирование).
2	при скрещивании фенотипически одинаковых (по одной паре признаков) особей в первом поколении гибридов происходит расщепление признака на три фенотипические группы в соотношении 1 : 2 : 1,	эти особи гетерозиготны (моногибридное скрещивание, неполное доминирование).

3	в результате скрещивания особей, отличающихся друг от друга фенотипически по одной паре признаков, получается потомство, у которого наблюдается расщепление по той же паре признаков в соотношении 1 : 1,	одна из родительских особей была гетерозиготна, а другая – гомозиготна по рецессивному признаку (моногибридное анализирующее скрещивание).
4	при скрещивании двух фенотипически одинаковых особей в потомстве происходит расщепление признаков в соотношении 9 : 3 : 3 : 1,	родительские особи были дигетерозиготными (дигибридное скрещивание).
5	в результате скрещивания особей, отличающихся друг от друга фенотипически по двум парам признаков, получается потомство, у которого наблюдается расщепление признаков в соотношении 1 : 1 : 1 : 1,	одна из родительских особей была дигетерозиготна, а другая – дигомозиготна по рецессивному признаку (дигибридное анализирующее скрещивание).



- правильно оформить решение задачи – составить схему (-ы) скрещивания (-ий);
- указать в каждом элементе ответа фенотипы и генотипы родителей и потомков, а также гаметы;
- ответить на все поставленные в задаче вопросы;
- результаты прокомментировать;
- указать законы, которыми вы пользовались при решении задачи.

Эксперт при проверке выставит вам:

- 3 балла – за абсолютно верный и полный ответ;
- 2 балла – за верное решение задачи в целом;
- 1 балл – за любой полный и верный элемент ответа, например, если верно указаны 1-й и 3-й элементы, но схема скрещивания отсутствует;
- 0 баллов, если генотипы родителей указаны неверно.

Поэтому очень важно правильно оформлять решение задачи, отвечать на все вопросы и комментировать полученные результаты.

Итак, рассмотрим примеры решения и оформления некоторых генетических задач.

Пример 1. У человека ген длинных ресниц доминирует над геном коротких, а широкие пушистые брови — над нормальными. Женщина с длинными ресницами и широкими пушистыми бровями, у отца которой были короткие ресницы и нормальные брови, вышла замуж за мужчину с доминантными признаками, гомозиготного по обоим аллелям. Составьте схему решения задачи. Определите генотипы родителей, фенотипы и генотипы возможного потомства. Объясните полученные результаты.

1. Записываем условие задачи (переводим его на язык генетики):

Признак, фенотип	Ген, генотип
Длинные ресницы	A
Короткие ресницы	a
Широкие пушистые брови	B
Нормальные брови	b
P: ♀ длинные ресницы и широкие пушистые брови	A_ B_
♂ длинные ресницы и широкие пушистые брови	AABB
F ₁ : ?	?



Так как в условии задачи не даны буквы для обозначения генов, используем произвольное обозначение.

2. Составляем схему скрещивания. Обязательно записываем фенотипы родителей, строго под ними генотипы, а затем гаметы.

Р: ♀ длинные ресницы и широкие пушистые брови \times ♂ длинные ресницы и широкие пушистые брови
 АаВb ААВВ
 G: АВ, Ab, aB, ab АВ

3. Заполняем решётку Пеннета:

F_1 : ♂ \ ♀	AB	Ab	aB	ab
AB	ААВВ длинные ресницы и широкие пушистые брови	ААВb длинные ресницы и широкие пушистые брови	АаВВ длинные ресницы и широкие пушистые брови	АаВb длинные ресницы и широкие пушистые брови

4. Объясняем решение задачи. Скрещивание дигибридное (рассматривается наследование двух пар признаков – длина ресниц и форма бровей), гены расположены в разных хромосомах (наследование признаков по законам Г. Менделя). По условию задачи и женщина, и мужчина имеют фенотипическое проявление доминантных признаков, но отец женщины имел рецессивные признаки, поэтому генотипы родителей будут следующими: у женщины (дигетерозиготная) – АаВb, а у мужчины (дигомозиготный по условию задачи) – ААВВ. У женщины образуется 4 типа гамет (АВ, Ab, aB, ab), у её мужа – 1 тип (АВ). В этой семье могут родиться дети только с доминантными признаками, но с различными генотипами.

5. Записываем ответ. Ответ:

1) генотипы родителей: ♀ (длинные ресницы и широкие пушистые брови) – АаВb (гаметы АВ, Ab, aB, ab), ♂ (длинные ресницы и широкие пушистые брови) – ААВВ (гаметы АВ);

2) фенотипы потомков – 100% с длинными ресницами и широкими пушистыми бровями;

3) генотипы потомков – ААВВ, АаВВ, ААВb, АаВb.



Пример 2. У человека ген курчавых волос (\bar{A}) не полностью доминирует над геном прямых волос, а оттопыренные уши (b) являются рецессивным признаком. Обе пары генов находятся в разных хромосомах. В семье, где родители имели нормальные уши и один – курчавые волосы, а другой – прямые, родился ребёнок с оттопыренными ушами и волнистыми волосами. Их второй ребёнок имел нормальные уши. Составьте схему решения задачи. Определите генотипы родителей, их родившихся детей и вероятность дальнейшего появления детей с оттопыренными ушами и волнистыми волосами.

1. Записываем условие задачи (переводим его на язык генетики):

Признак, фенотип	Ген, генотип
Курчавые волосы	\bar{A}
Прямые волосы	a
Волнистые волосы	$\bar{A}a$
Нормальные уши	B
Оттопыренные уши	b
P: ♀ курчавые волосы, нормальные уши	$\bar{A}\bar{A}B_$
♂ прямые волосы, нормальные уши	$aaB_$
F ₁ : волнистые волосы, оттопыренные уши	?
? волосы, нормальные уши	?

При записи условия для обозначения генов используем буквы, данные в условии задачи.

2. Составляем схему скрещивания. Обязательно записываем фенотипы родителей, строго под ними генотипы, а затем гаметы.

P: ♀ курчавые волосы, нормальные уши × ♂ прямые волосы, нормальные уши
 $\bar{A}\bar{A}Bb$ × $aaBb$
 G: $\bar{A}B, \bar{A}b$ × aB, ab

3. Заполняем решётку Пеннета:

F ₁ :	♂ \ ♀	$\bar{A}B$	$\bar{A}b$
	aB	$\bar{A}aBB$ волнистые волосы, нормальные уши	$\bar{A}aBb$ волнистые волосы, нормальные уши
	ab	$\bar{A}aBb$ волнистые волосы, нормальные уши	$\bar{A}abb$ волнистые волосы, оттопыренные уши



4. Объясняем решение задачи. Дигибридное скрещивание (рассматривается наследование двух пар признаков – структура волос и форма ушей), гены находятся в разных хромосомах, доминирование признака структура волос неполное. Так как в семье появился ребёнок с оттопыренными ушами, то родители по этой аллели гетерозиготные и их генотипы: ♀ $\bar{A}\bar{A}Vb$, ♂ $aaVb$. Признак курчавые волосы доминирует не полностью, поэтому у всех детей в этой семье могут быть только волнистые волосы. Вероятность появления в дальнейшем детей с волнистыми волосами и оттопыренными ушами – 25% (1/4).

5. Записываем ответ. Ответ:

1) генотипы родителей: ♀ (курчавые волосы, нормальные уши) – $\bar{A}\bar{A}Vb$ (гаметы $\bar{A}V$, $\bar{A}b$), ♂ (прямые волосы, нормальные уши) – $aaVb$ (гаметы aV , ab);

2) генотипы и фенотипы родившихся детей – 75% (3/4) волнистые волосы, нормальные уши ($\bar{A}aV_$), 25% (1/4) волнистые волосы, оттопыренные уши ($\bar{A}abb$);

3) вероятность рождения детей с волнистыми волосами и оттопыренными ушами – 25% (1/4).