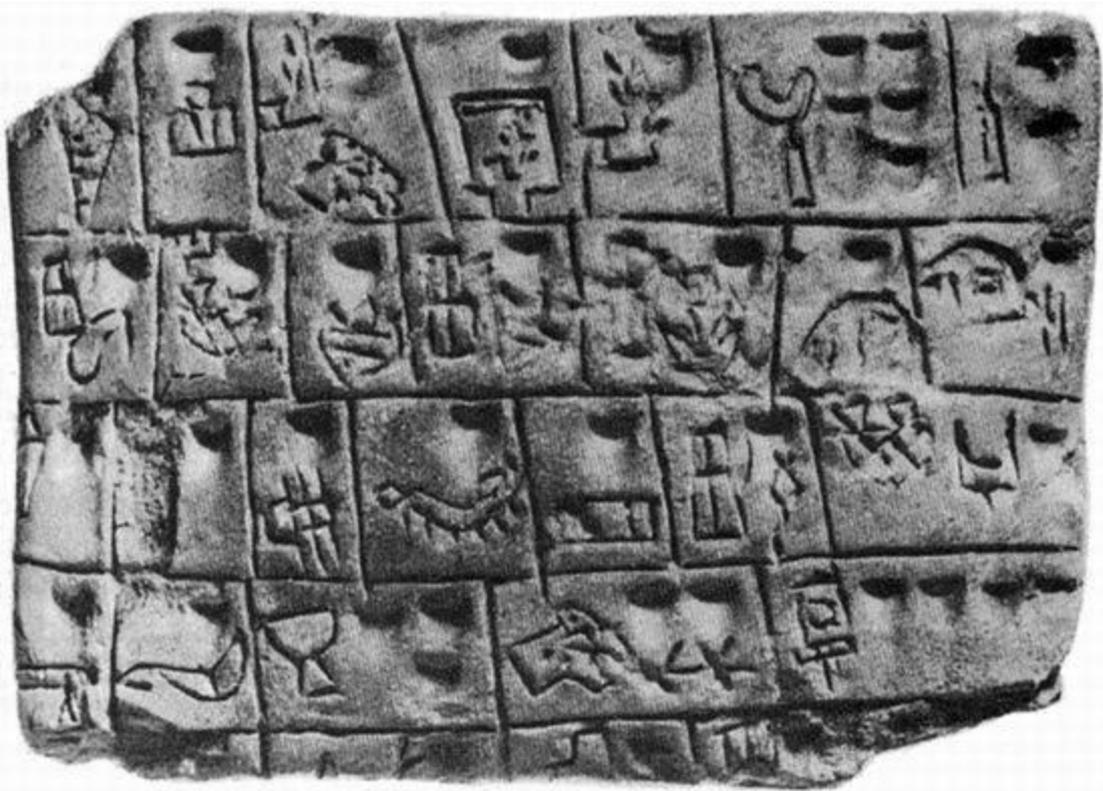


# История зарождения генетики

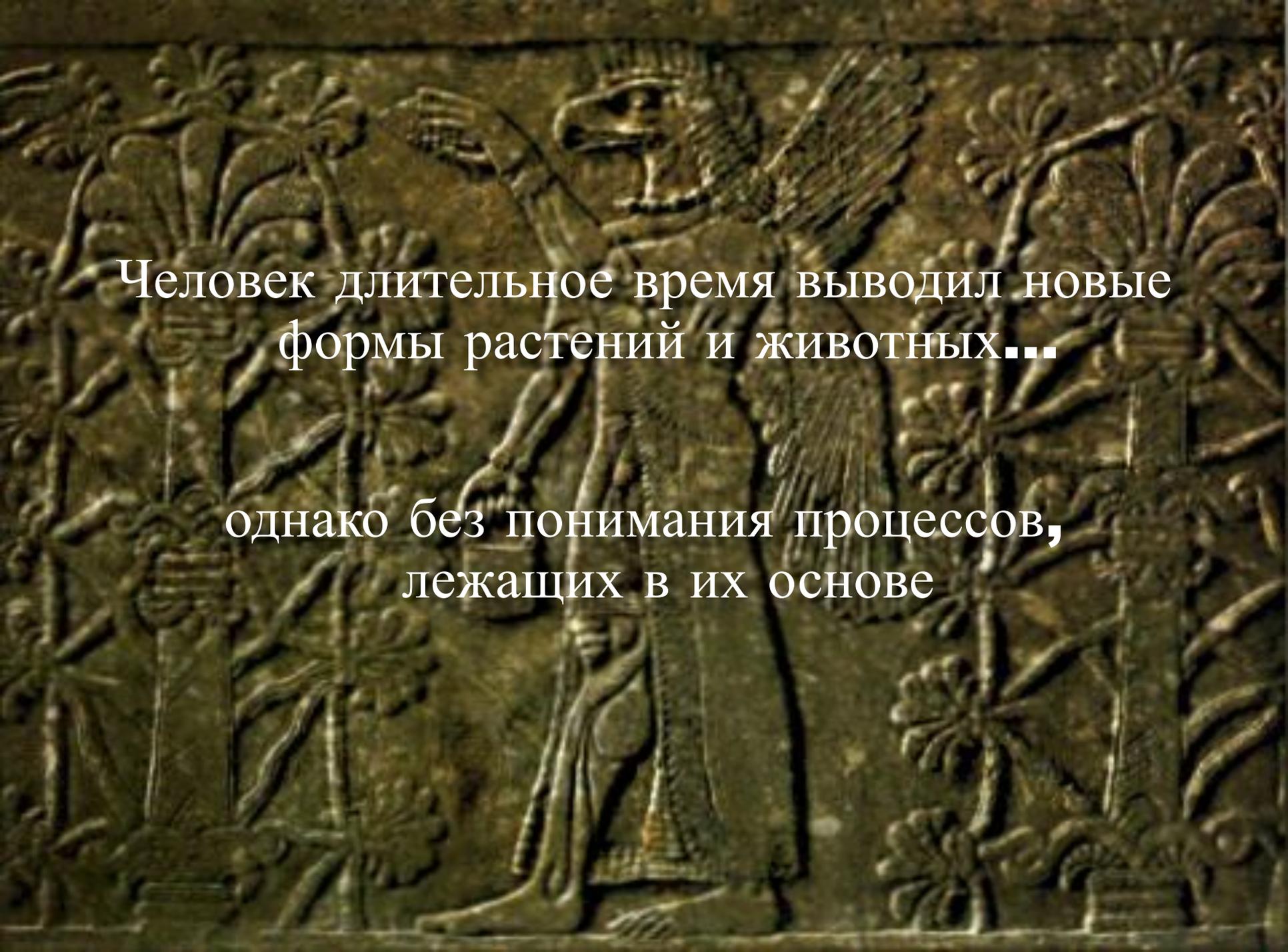
Умей врезаться в память  
остротой простоты

Презентацию составил  
Чернухин Валерий Алексеевич





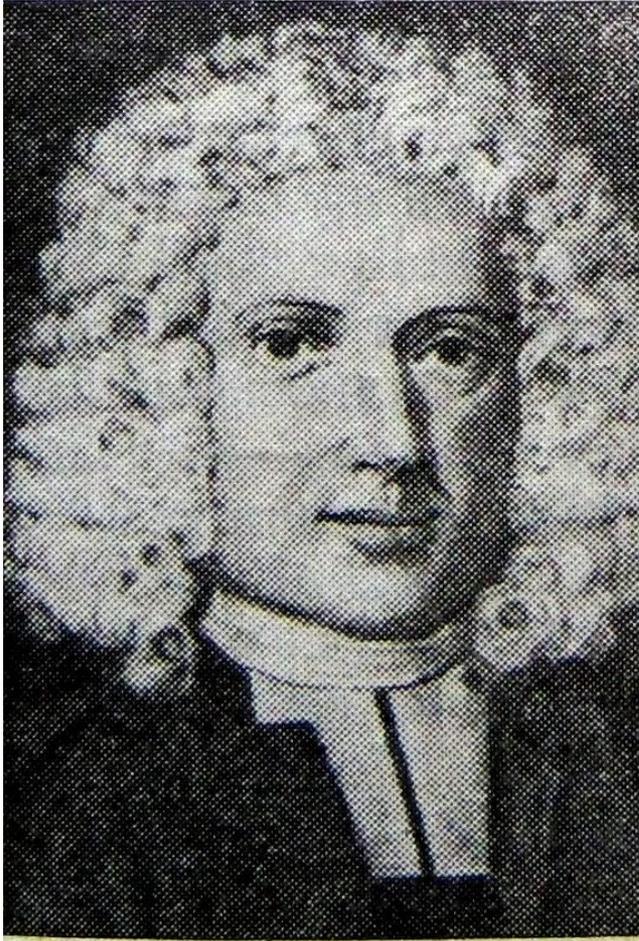
- Уже 6000 лет назад люди понимали, что некоторые физические признаки могут передаваться от одного поколения к другому
- На вавилонских глиняных табличках указывались рекомендуемые признаки для скрещивания лошадей.



Человек длительное время выводил новые  
формы растений и животных...

однако без понимания процессов,  
лежащих в их основе

# У растений есть пол

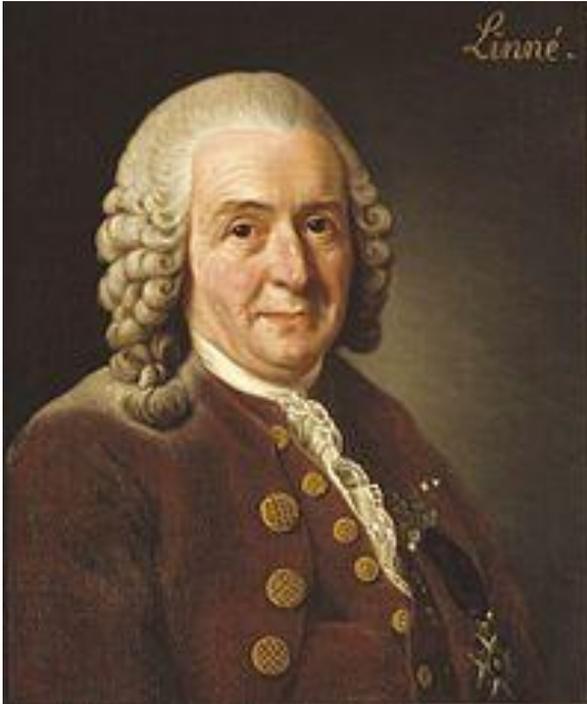


- Камерариус (Camerarius) Рудольф Якоб (1665-1721, там же), немецкий ботаник и врач, профессор Тюбингенского университета.
- Показал, что при изоляции женских растений от мужских (шелковица, перелеска) или удалении мужских цветков (кукуруза, конопля), а также пыльников (клещевина) семена не развиваются.
- Сопоставляя половые органы растений и животных, Камерариус отнёс тычинки к мужским половым органам (а содержащуюся в них пыльцу — к оплодотворяющему началу), пестики — к женским половым органам.

- Полагают, что первый межвидовой гибрид получил англичанин Т. Фэйрчайлд при скрещивании гвоздик *Dianthus barbatus* и *D. caryophyllus*.
- Однако ботаники еще продолжали считать спорным вопрос о наличии двух полов у растений и их участии в оплодотворении.

В XVIII веке шведский учёный Карл Линней в основу классификации цветковых растений положил количество тычинок

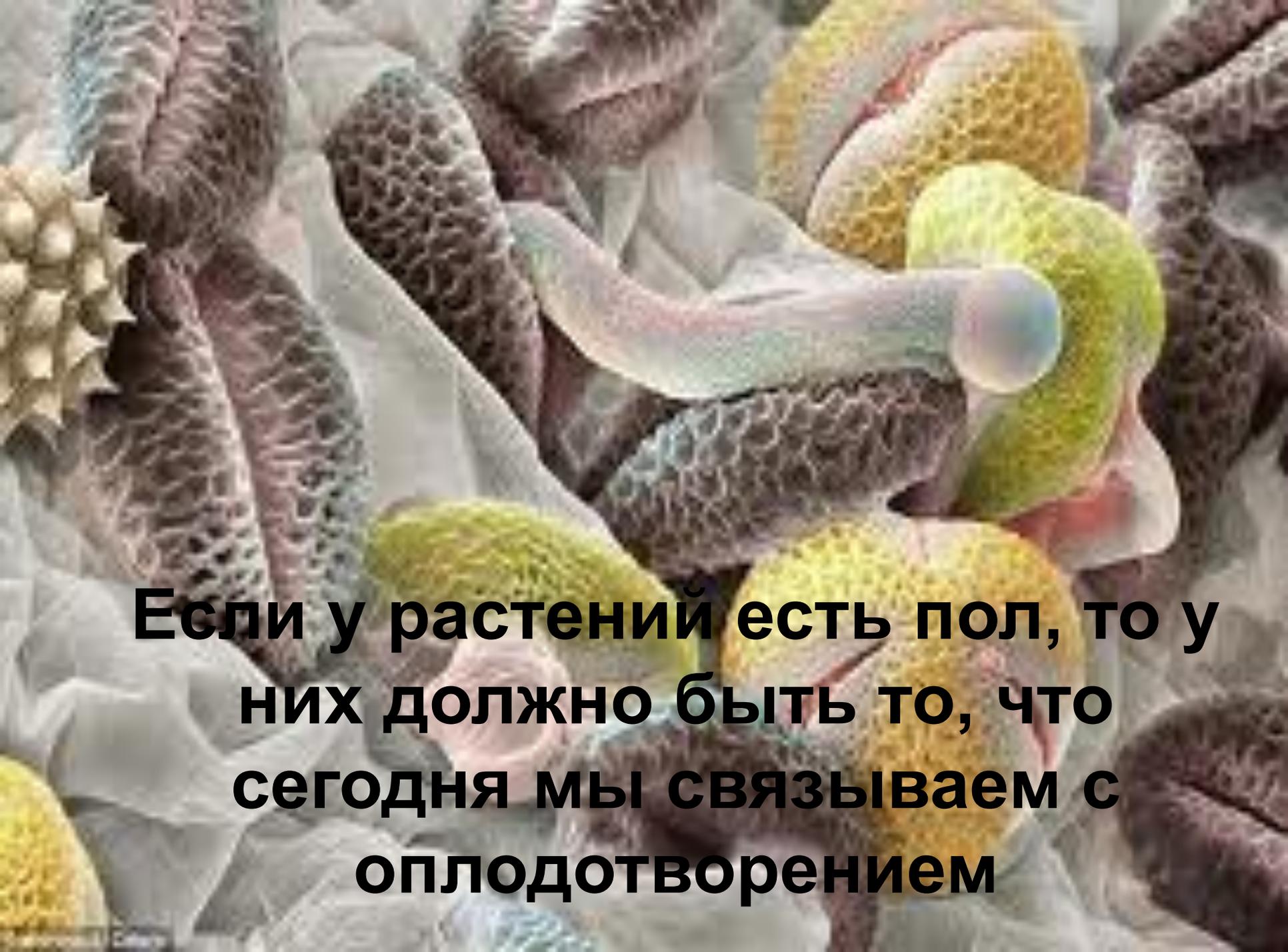
«Пол у растений – это неприлично».



Историю генетики можно отсчитывать от споров в XVII-XVIII веках –  
**ЕСТЬ ЛИ У РАСТЕНИЙ ПОЛ?**

- В частности, не ясна была роль пыльцы.



A close-up photograph of a bird's beak pecking at a piece of green fruit. The bird's beak is light-colored with a blue tip. The green fruit is surrounded by other colorful fruits, including yellow and orange ones. The background is filled with various textured objects, possibly other fruits or decorative items, in shades of brown, tan, and white.

**Если у растений есть пол, то у них должно быть то, что сегодня мы связываем с оплодотворением**



Как доказать, что произошло скрещивание, если опылят пыльцой других растений?

- Нужно взять маркёры, показывающее, что скрещивание произошло.
- Это догадался сделать Кельрейтер.

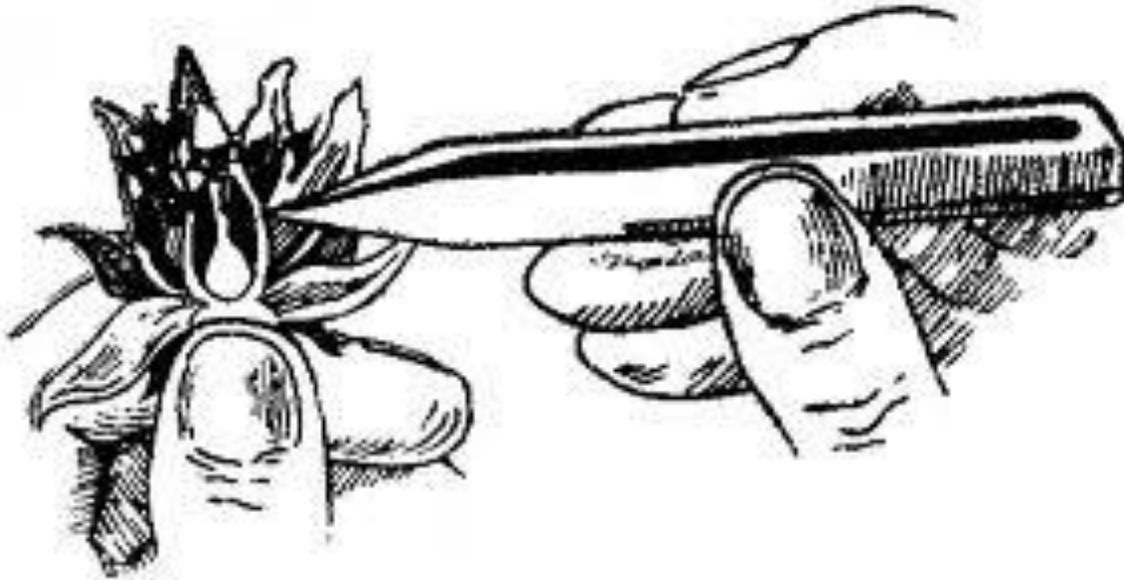
# Иозеф Готлиб Кельрейтер (1733-1806).



- По рекомендации своего учителя и друга, исследователя Сибири Иоганна Гмелина был вызван в Петербург и в 1756 году определён адъюнктом (слово означает ассистент, помощник) ботаники в Академию наук.
- В 1756—1760 годах провёл первые опыты по искусственной гибридизации растений, результаты 136 опытов были опубликованы.

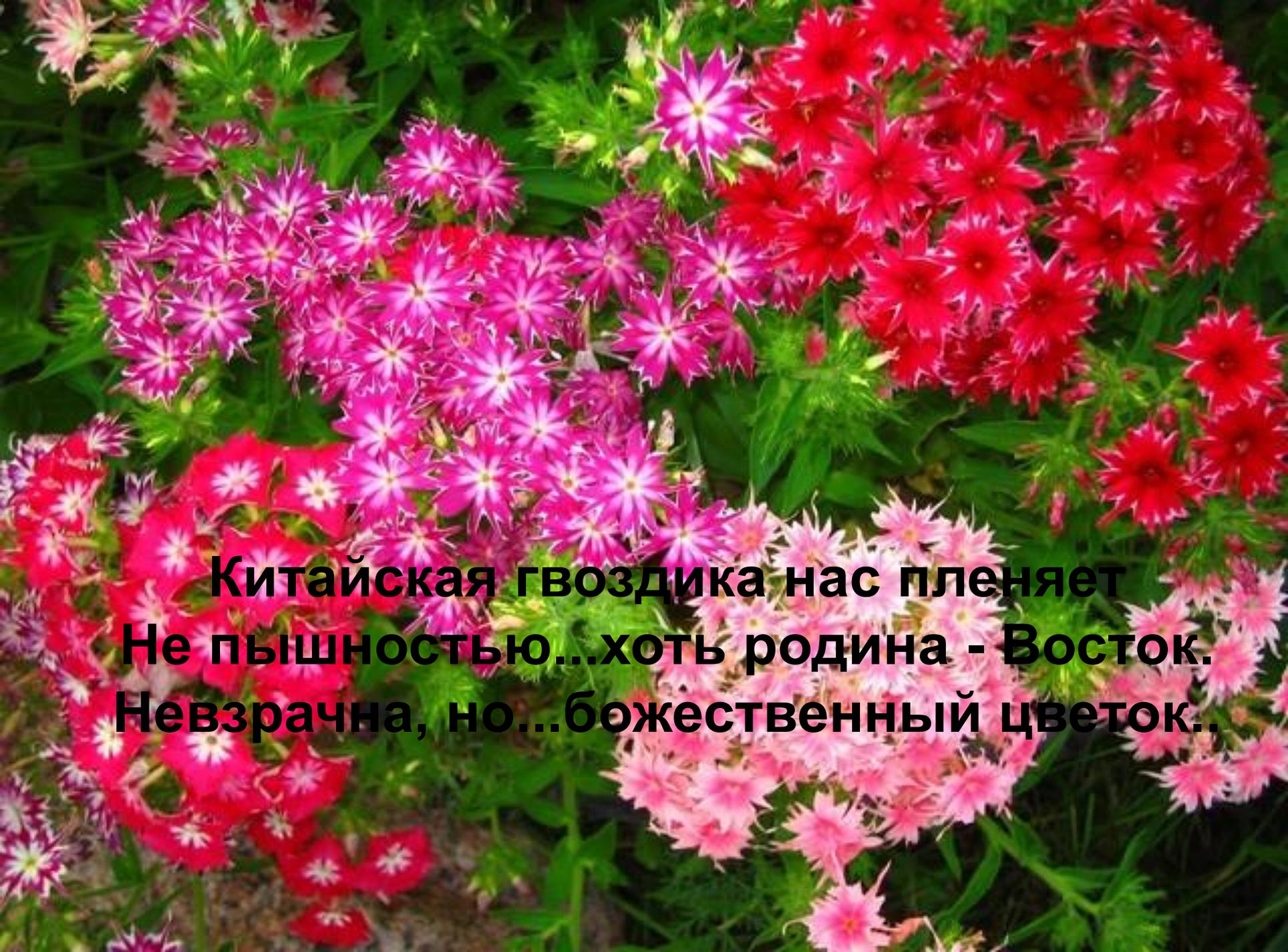
# Кёльрейтер поставил опыты с полукастрацией двудомных растений

Он взял садовые виды с двумя сортами: белоцветущее материнское растение и красноцветущее отцовское растение. Материнские растения он полукастрировал, то есть удалил тычинки, чтобы избежать самоопыления. Собрал с отцовских растений пыльцу, оплодотворил пестики материнских растений пыльцой с красноцветущих отцовских растений.



В Санкт-Петербурге профессор Кельрейтер проводил скрещивание китайской и махровой гвоздик, а также разных сортов табака для доказательства существования пола у растений.





**Китайская гвоздика нас пленяет  
Не пышностью...хоть родина - Восток.  
Невзрачна, но...божественный цветок..**

# Дочерние растения через пыльцу приобрели красный цвет!

Таким образом, экспериментальным путем он окончательно разъяснил природу пола у растений. Для своего времени это были замечательные и очень точные опыты. При этом он разработал экспериментально точную методику скрещивания.

# Пыльца и яйцеклетки растений – равноправные носители наследственных признаков в организме растения



# Кельрейтер никакой генетикой не занимался

- Ему из садоводческих опытов было известно, что у каких-то растений какие-то сорта обладают тем, что мы сейчас называем доминантными признаками: красным над белым цветом цветков и, с другой стороны, доминантным длинным ростом по сравнению с коротким у другого сорта.
- Он использовал наследственные признаки просто в качестве маркеров, меток для своих опытов по скрещиваниям, проводившимся совершенно с другой целью — для анализа проблемы пола у растений.



Наблюдал явления единообразия признаков гибридов в первом поколении и появление родительских форм в последующих. Однако он ошибочно истолковал эти явления как постепенное "возвращение" к исходным родительским видам, которые считал неизменными.

Москва - Ленинград. ОГИЗ – Сельхозгиз, 1940

# Идея генов витала уже в начале XIX века.



- Английский селекционер **Томас Эндрю Найт** в начале XIX в. пришел к концепции об элементарных наследственных признаках, через 100 лет получивших название генов.

Ещё за столетия до Найта применялось то, что мы сейчас называем методом отдалённого скрещивания.

- Брали разные, по возможности, сорта, скрещивали их друг с другом.
- Найт заметил, что в последующих потомствах признаки нередко ПЕРЕТАСОВЫВАЛИСЬ.

# Общее правило

При скрещивании сортов, отличающихся как угодно сильно друг от друга, в последующих после скрещивания в последующих поколениях различия между формами **«рассыпаются»** (терминология Найта).

Найт понимал, что  
закономерность он не открыл, а  
только явно сформулировал

В дальнейших поколениях появляются  
самые разнообразные новые  
комбинации признаков.

# Однако Найт обнаружил и нечто принципиально новое

- Сколько тысяч и десятков тысяч индивидов из последующих поколений ни изучать, **определенные признаки и свойства остаются неделимыми.**
- Он назвал их «элементарными признаками». Скрещивания могут «рассыпать» и «разбивать» комплексные отличия между живыми организмами, но никогда не делят их дальше чего-то, вот этих самых «элементарных признаков».
- Итак, Найт ввел понятие «элементарных признаков» как таких, которые ни в каких скрещиваниях дальше не подразделяются и не рассыпаются на более элементарные.

И вот появились два  
французских джентльмена

# Огюстен Сажрэ (1763-1851, Франция)

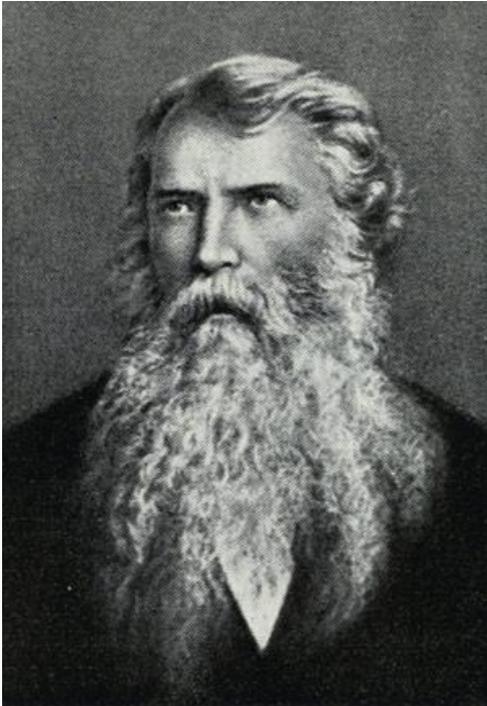
- При скрещивании сортов, различающихся наследственными задатками, ученый нередко наблюдал подавление признака одного родителя признаком другого . Это явление максимально проявлялось у первого гибридного поколения, в последующих поколениях подавленные признаки вновь выявлялись у части потомков.

# Огюстен Сажрэ (1763-1851)



На гибридах растений из семейства тыквенных Сажре обнаружил, что признаки не смешиваются и не исчезают, а свободно комбинируются в последующих поколениях. Для каждого признака Сажре допускал наличие особого "зачатка", способного проявиться или оставаться в "покоящемся" состоянии.

# Шарль Нодэн (1815-1899, Франция)



- Провел количественную оценку результатов рекомбинации наследственных задатков при скрещивании.
- Имел дело с межвидовыми скрещиваниями; это снимало вопрос о всеобщности открытых им закономерностей (проблема, с которой впоследствии столкнулся Г. Мендель), но не давало исследователю возможности сосредоточиться на единичных признаках.

# Сажре и Ноден открыли нечто

**НОВОЕ :**

Качественно показали очень существенную вещь: если мы скрещиваем два сорта, отличающиеся друг от друга комплексом признаков, и если эти сорта были до этого чистыми, долго разводящимися самоопылением, то получается очень типичная картина:

# Первое поколение

- Однородность: все индивиды первого поколения похожи друг на друга почти в той же мере, как похожи друг на друга индивиды в пределах чистого сорта.
- Промежуточность: представляют собой мозаику из элементарных признаков сорта А и сорта В. Часть признаков только от сорта А, а часть – только от сорта Б. То есть не истинно промежуточные, а мозаичные.

# Второе поколение

- Разброс и неоднородность.
- Большой разброс и большая неоднородность любых комбинаций из элементарных признаков обоих сортов, взятых первоначально для скрещивания, — во втором поколении.

# Не сделали последнего шага

- Сажре и Ноден не предприняли никаких статистических подсчетов, то есть не сделали того шага, который потом, как известно, сделал Мендель.
- Они лишь качественно это наблюдали и выявили доминантные и рецессивные признаки.

# Резюме

- Найт не только сформулировал понятие элементарных признаков, но и в результате своих наблюдений за скрещиваниями вывел, что эти элементарные признаки в результате скрещивания, по-видимому, никогда не исчезают и в последующих поколениях опять «выскакивают».
- Сажре и Ноден, сформулировали это уже как правило: что найтовские элементарные признаки могут быть доминантными или рецессивными, то есть проявляться или не проявляться у гибридов первого поколения. Но при этом они никогда не исчезают и всегда проявляются дальнейших поколениях, обычно уже во втором. (Особенно если число индивидов во втором поколении достаточно велико, то есть достаточно велика вероятность, как мы сказали бы сейчас, их проявления.)

В общем русле развития биологии работы Найта, Сажре и Нодена не играли никакой роли.

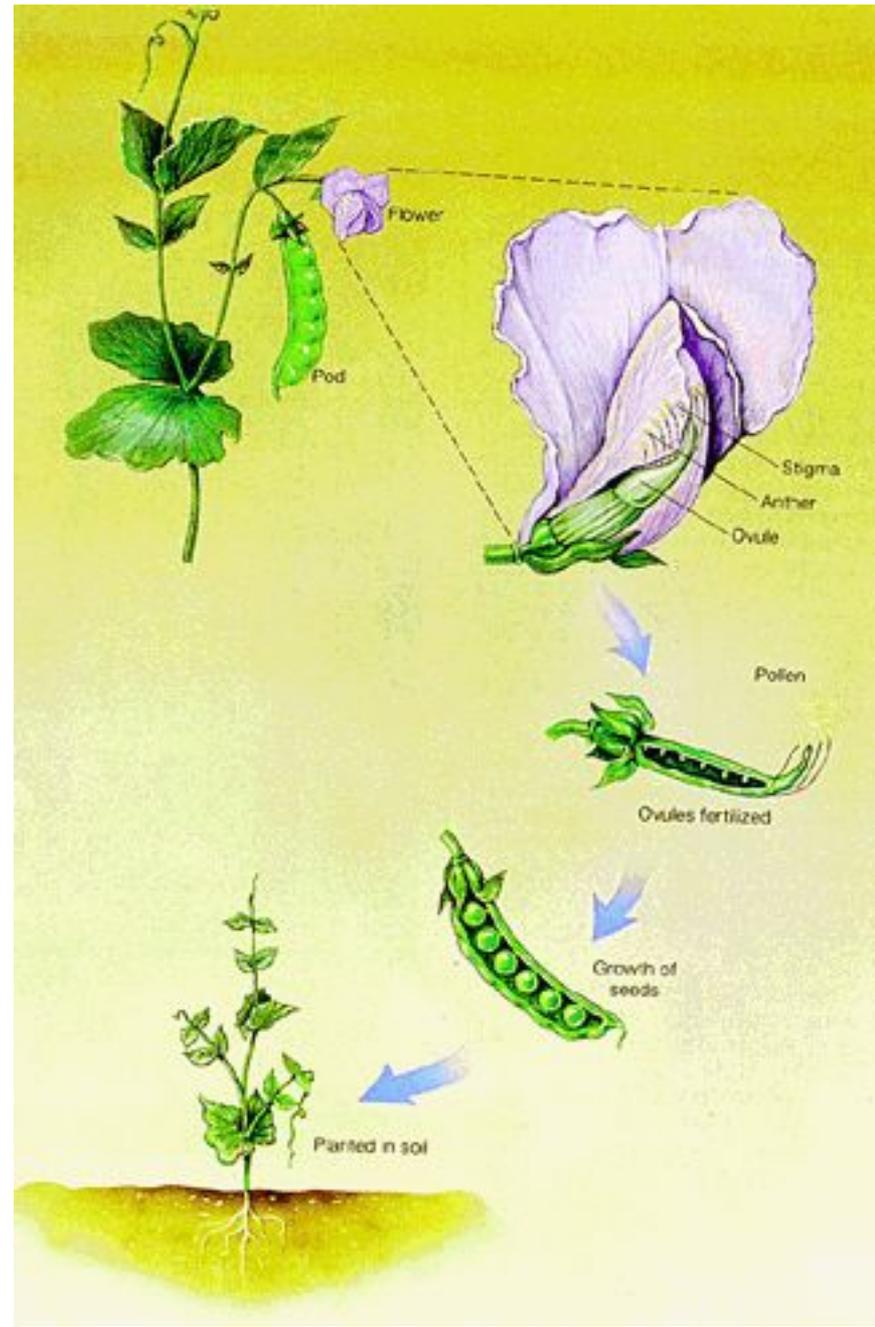
- Это была «низменная» биология — сельское хозяйство какое-то,— и ученые дяденьки не обращали на них внимания и блестяще проглядели все это. Так же, как вам известно, проглядели они и следующий, завершающий этап этого первого периода развития метода скрещиваний — работы Менделя.
- Однако.....

- Найт знал работы Кельрейтера.
- Сажре знал работы и Найта, и Кельрейтера.
- Ноден знал работы и Сажре, и Найта, и Кельрейтера.
- Мендель, в свою очередь, знал о работах Нодена, Сажре, Найта и Кельрейтера и совершенно сознательно логично развивал линию исследований, связанных с кельрейтеровским точным методом скрещивания у растений.

# Жизнь Иоганна Менделя (1882-1884)

- Иоганн Мендель родился в Силезии в семье крестьянина. Как и отец, был искусным садоводом.
- В 1843 г. Мендель поступил в августинский монастырь и получил имя Грегор.
- Через 4 года монастырь направил Грегора учителем в среднюю школу.
- В 1851-1853 гг. учился в Венском университете (диплома не получил), после чего преподавал физику и естествознание в училище города Брно.
- Последние 15 лет жизни был настоятелем монастыря.

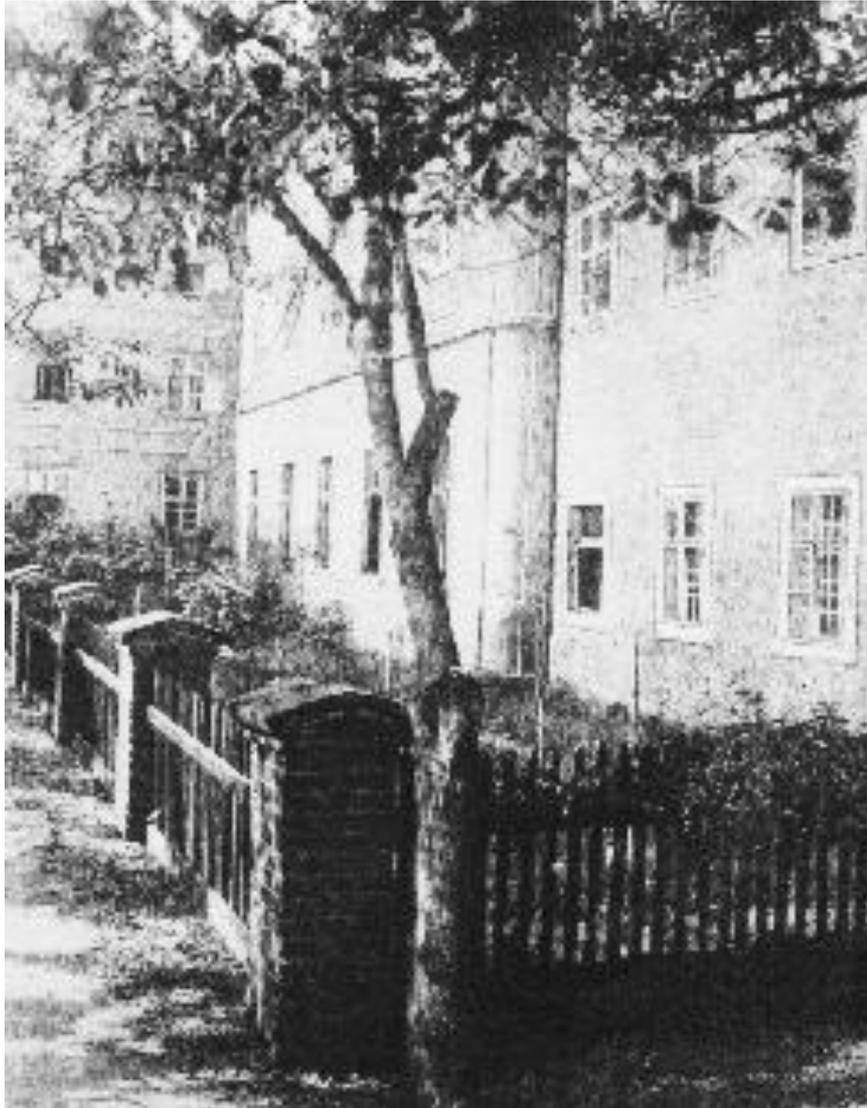
# Мендель проводил экспериментальные скрещивания



# Портрет Менделя в разгар работы (1862 г)



# Участок, на котором работал Мендель

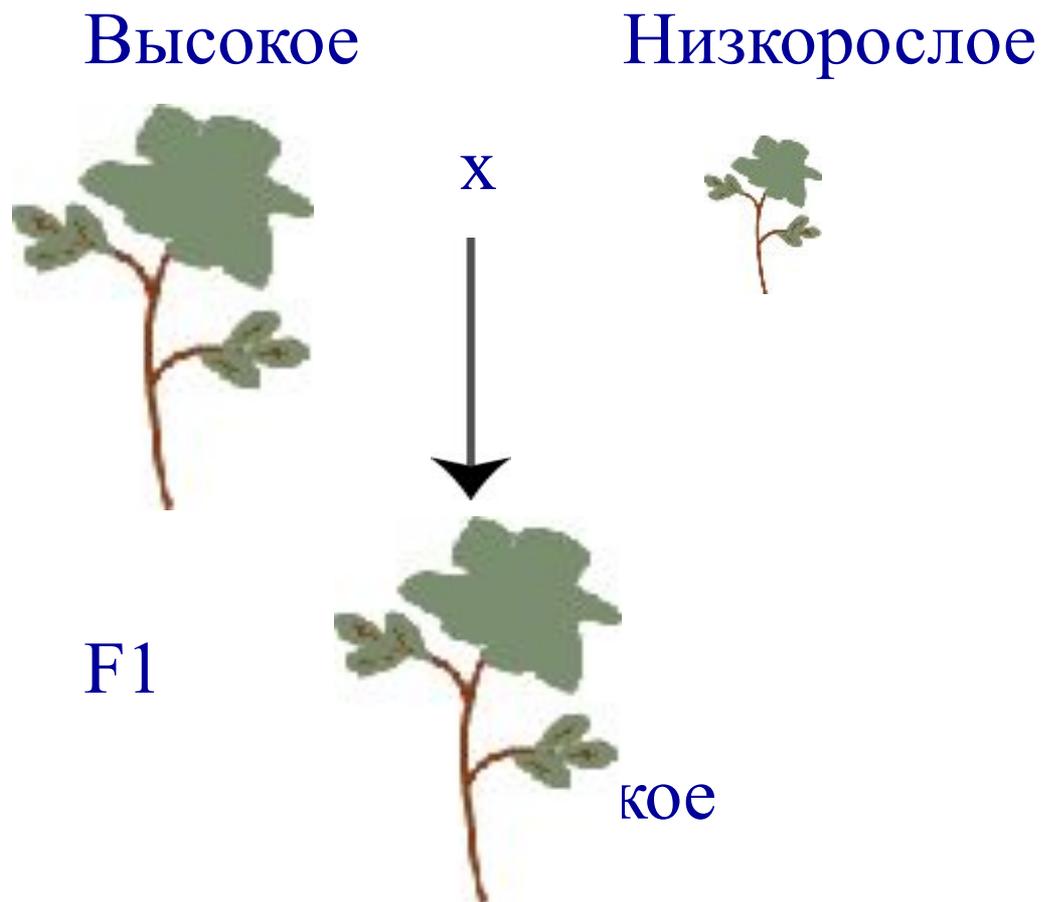




## 8 лет кропотливого труда

Тридцать с лишним сортов использовал он в эксперименте, и каждый из них предварительно был подвергнут двухлетнему испытанию на "постоянство признаков", "чистоту кровей". В результате Мендель пришел к выводу, что различные свойства конкретного растения или животного появляются не просто из воздуха, а зависят от "родителей".

Мендель скрещивал высокие и низкорослые линии гороха: всё потомство было высоким.



# Нормальные и карликовое растения гороха

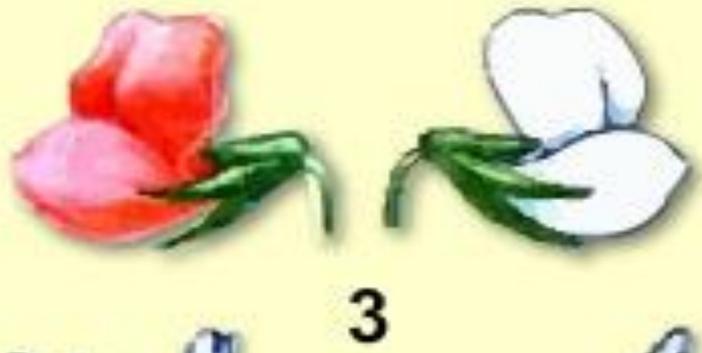


Мендель протестировал 6 других признаков у гороха: форма семян (морщинистый или гладкий), цвет семян (жёлтый или зелёный) и др.

В каждом из этих случаев было единообразие первого поколения  $F_1$  по исследуемому признаку, тогда как во втором поколении  $F_2$  вновь проявлялся признак, ненаблюдаемый у первого поколения, причём примерно только у четверти потомков.

# 7 пар качественных признаков растений гороха, на основе которых Мендель сформулировал свои законы

- Форма плода: гладкая или шероховатая
- Цвет плода: зелёный или жёлтый
- Форма семян: гладкие или морщинистые
- Цвет семян: жёлтые или зелёные
- Расположение цветков на побеге: на листьях или ветвях



# Инструменты Менделя



В 1865 г. Мендель впервые поведал миру об опытах.



# В 1862 году было создано Брюннского общества естествоиспытателей

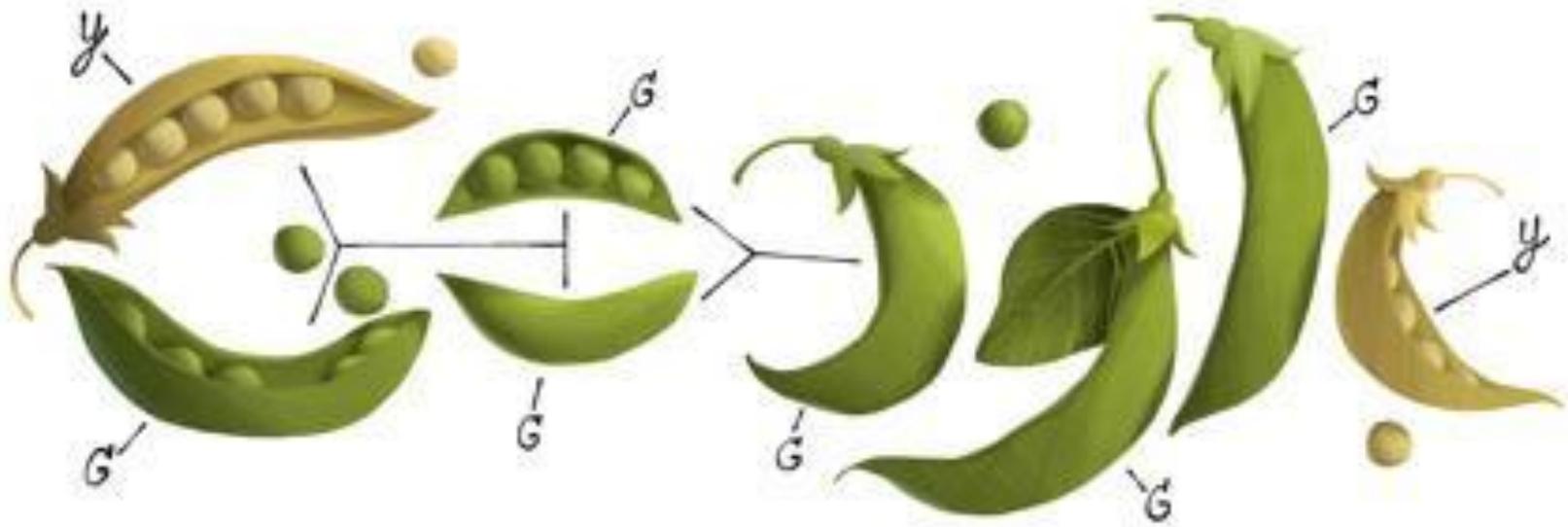
О заседаниях  
этого общества  
постоянно писали  
газеты



**Не смотря на прохладное отношение коллег, в конце 1866 г. в «Трудах общества естествоиспытателей» появился доклад Менделя «Опыты над растительными гибридами». Этот том сразу попал в 120 библиотек университетов и обществ естествоиспытателей Вены, Праги, Берлина, Лондона, Парижа, Санкт-Петербурга, Филадельфии. Кроме того, Мендель разослал оттиски своего исследования крупным ботаникам того времени, которых считал способными разобратся в его работе.**



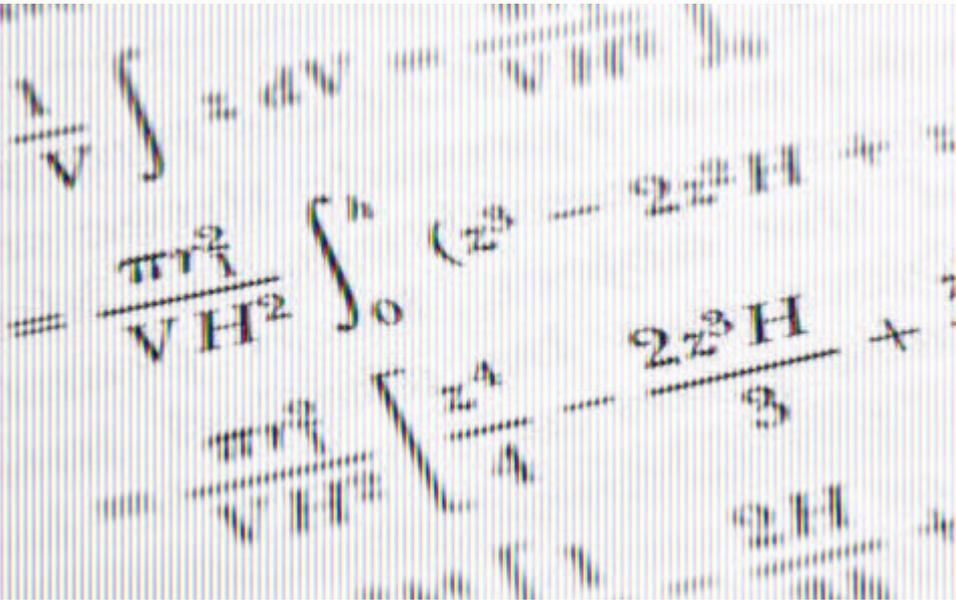
Признаки наследуются согласно строгим математическим закономерностям, свидетельствующим о раздельной независимой сущности каждого признака.





Мендель детально излагал ход своих рассуждений, тщательно выбирал для показа свои горохи, коллеги отнеслись ко всему изложенному достаточно холодно. Не возникло желания даже повторить эксперимент, а не только глубоко разобраться в его выводах.

Ему не было задано ни единого вопроса.



- Математичность его работы привела ученых в смятение. Он заработал даже шутливое прозвище «Наш ботанический математик».
- Стали поговаривать, что патера потянуло на мистику. Право, когда монах выводит закономерность 3 к 1, да еще повторяет ее многократно в докладе, невольно возникает опасение: «А не пытается ли он найти в ботанике закон, напоминающий всем о Троице».

# «Царь гороховый»

- «Гороховые эксперименты»



# Нельзя сказать, что современники не заметили работы Менделя

- Они её просто не поняли.
- С 1865 по 1900 годы работу Менделя цитировали по меньшей мере 6 раз, в том числе в Британской энциклопедии за 1881-1885 гг. в статье о «гибридизме»

# В теории Дарвина чего-то не хватает...

- В менделевской библиотеке много книг по биологии, испещренных пометками. Здесь и Кельрейтер, и Дарвин...
- Мендель указывал на недостаток разработки теории наследственности в Великой теории Дарвина.
- Менделевский взгляд на наследственность позволял избавиться от кошмара Дженкина.

# Кошмар Дженкина

- Мелкие наследственные изменения возникают не у всех особей, а лишь у некоторых. Эти изменения не могут накапливаться, ибо каждое скрещивание, якобы должно вести к разбавлению признака. А раз так, то должное накопление признака нереально.
- Дарвин в 1867 году не нашел аргументов для отпора своему оппоненту.
- И всё-таки человечеству давно были известны доказательства того, что признаки не «растворяются». Один такой пример – 500-летняя история Бурбонов.

- Был у Бурбона нос большой,
- Что ж — такова эпоха:
- Кому-то очень хорошо,
- Кому-то очень плохо.



Генрих VI



Антуан де Бурбон, его отец



Луи II де Бурбон-Конде



Конде-Суассон Людовик де Бурбон



С 1868 г. Мендель – настоятель монастыря. С этого времени он оставил свои опыты по выведению гибридов.

# Новизна у Менделя



*«Во-первых, он ввел количественное рассмотрение, стал считать. Во-вторых, проделал методологически очень важную вещь - он упростил наблюдение и сконцентрировал свое внимание и количественный учет (при любых исходных скрещиваниях) на немногих отдельных майновских элементарных признаках»*

**Н.В. Тимофеев-Ресовский**



*«Но замечательно не то, что Мендель открыл менделевские правила; в сущности, это было уже открыто Найтом, Сажре и Ноденом, только недостаточно точно сформулировано. Величие Менделя в другом: он имел смелость высказать одну наглую гипотезу. Он стал думать, почему получается такая картина»*

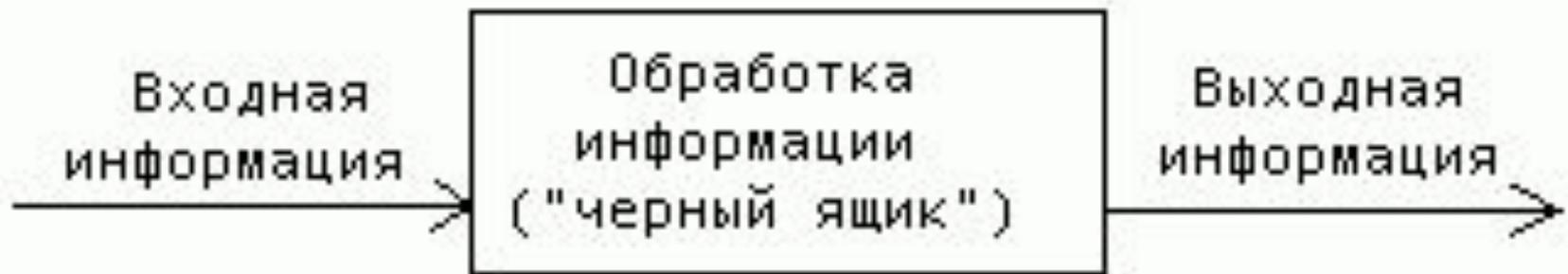
(Н.В. Тимофеев-Рисовский).

- Для каждого элементарного признака у каждого полового организма должны быть как минимум две «закладки», два каких-то фактора. Один должен быть от папаши, другой — от мамыши, один с яйцеклеткой, другой с пыльцевой клеткой.
- Значит, каждая клетка красного гороха содержит два каких-то наследственных зачатка, наследственных фактора, определяющих красный цвет

# Почему гипотеза смелая?

- Во времена Менделя не было ничего точно известно ни о клеточном делении, ни об образовании гамет, ни об оплодотворении.
- Мендель абстрактно сформулировал гипотезу о парности наследственных факторов и о том, что от каждого родителя передаётся только по одному фактору.

Менделю удалось сделать невероятное для своего времени открытие. Он исследовал то, что в сегодняшней кибернетике носит название «черный ящик» – известно лишь то, что мы имеем на входе в систему и на выходе из нее, но ни малейшего представления о том, что происходит внутри.



За исчезновением признака и его появлением вновь стоит некое материальное начало. Он вводит в биологию новый термин – *Anglagen* – «наследственный задаток». Из этого понятия и родилась генетика.

- Мендель работал в Чехии, в Брно. Его труды были напечатаны в журнале местного общества любителей естествознания.
- Ну, какой-то там монах горошки скрещивает, может быть, хочет новые сорта вывести, какая ж это биология — сельское хозяйство, садоводство.

# Мендель подтвердил свои законы и на других растениях

- Менделем проводил аналогичные эксперименты в 1863 — 1864 годах с фуксиями (он, кстати, вывел новый сорт), львиным зевом, кукурузой, тыквой, терновником.
- Не всегда результаты были однозначными, но, в целом, подтверждали его модель наследования
- Однако эти результаты не были опубликованы. Роковую роль в этом сыграл один честолюбивый человек...



- На работу Менделя обратил внимание выдающийся ботаник того времени Карл Негели, открывший сперматозоиды у папоротников и заинтересовавшийся вопросами наследственности.
- Ему принадлежит разделение организма на «идиоплазму» – вещество, ведающее наследственностью и размножением, и «трофоплазму» – вещество, питающее «идиоплазму».
- Сомнений в чистоте менделевского опыта у него не было. Он высеял присланные Менделем семена и сам убедился в результатах.

**Ястребинка – коварное растение, для  
которого менделевские закономерности  
НЕ ВЫПОЛНЯЮТСЯ**



Совет Нэгели подвтердить  
результат на ястребинке задержал  
развитие генетики на 35 лет.

- Ястребинка, как и одуванчик –  
партеногенетик.

Если у тебя имеется харизма  
К советам относись без фанатизма

# О Нэгели

*«Будь он элементарно бережен к чужому труду, не ощущай он себя светилом, с небывалой высоты озаряющим науку, он должен был поставить перед Менделем всего одну задачу: опубликовать подробные результаты всех проделанных экспериментов. Ведь текст менделевской статьи не был даже полным текстом доклада, занявшим два полных заседания. Это был конспект, из которого выжали не только всю «воду», но и значительную часть «мяса».*

Б.Володин «Мендель»

# За три месяца до смерти

*«Если мне и приходилось переживать горькие часы, то прекрасных, хороших часов выпало гораздо больше. Мои научные труды доставили мне много удовлетворения, и я убеждён, что не пройдёт много времени — и весь мир признает результаты этих трудов»*

Г.Мендель (1822-1884)

- Полгорода собралось на его похороны. Произносились речи, в которых перечислялись заслуги покойного. Но, как это ни удивительно, ни слова не было сказано о том биологе Менделе, которого знаем мы.
- Все бумаги, оставшиеся после смерти Менделя, — письма, ненапечатанные статьи, журналы наблюдений — были брошены в печь.



Но Мендель не ошибся в своём пророчестве, сделанном за 3 месяца до смерти. И через 16 лет, когда имя Менделя узнал весь цивилизованный мир, потомки бросились разыскивать случайно уцелевшие от пламени отдельные странички его записей. По этим обрывкам они воссоздавали жизнь Грегора Иоганна Менделя и удивительную судьбу его открытия.



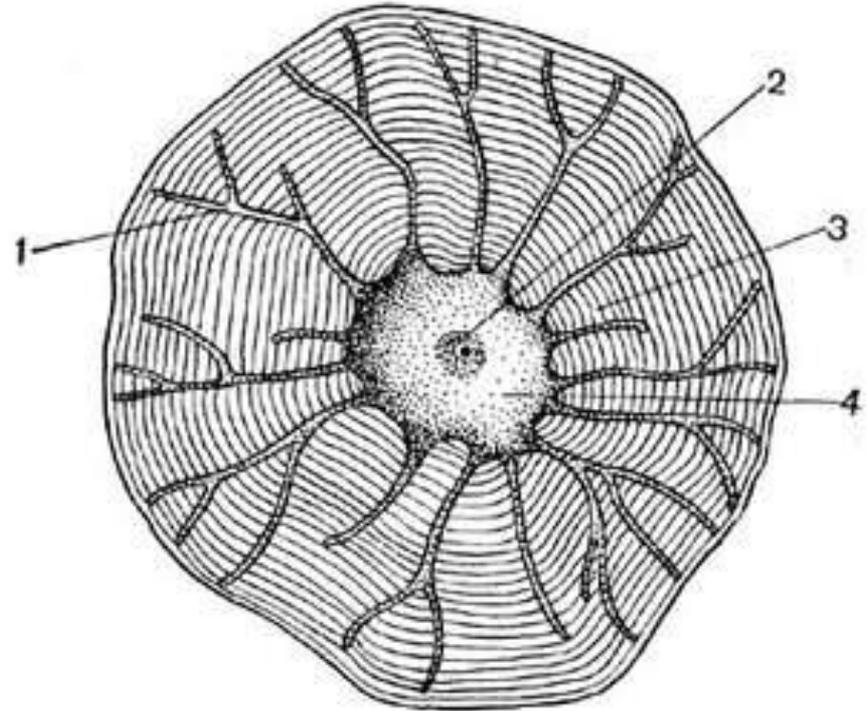
Тогда аббат Мендель в памяти людей перестал быть всего лишь добрым человеком, всего лишь школьным учителем, в порядке досужего увлечения занимавшимся какими-то дилетантскими экспериментами; тогда он стал в глазах всего человечества **МЕНДЕЛЕМ**, чье имя было причислено к ряду создателей нетленных духовных ценностей.

А цитология тем временем двигалась своим независимым путём. Она даже не знала, что скоро встретится с генетикой

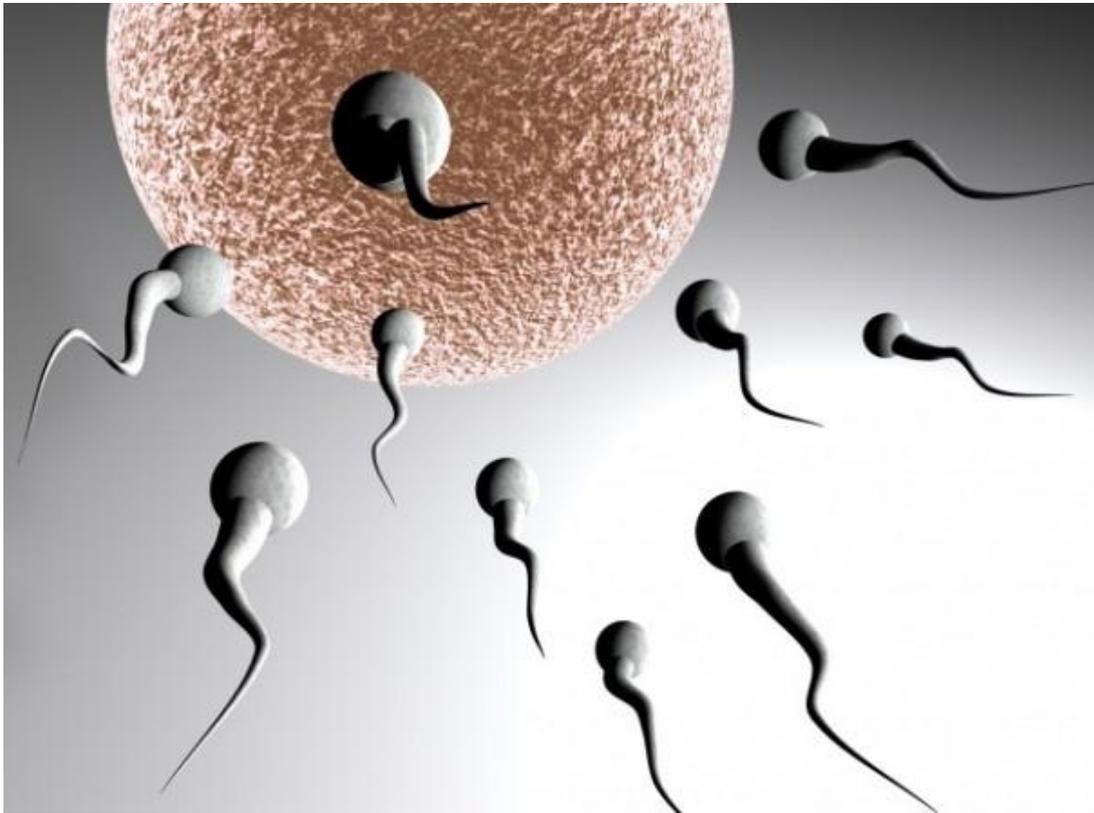
Тем не менее, цитологи, не зная о работах Менделя, смогли показать, что хромосомы – материальные носители наследственности

# История начинается с открытия и описания в 1831 году ядер в растительных клетках

- Это наблюдение сделал английский ботаник Роберт Браун (1773–1858).
- Это открытие заставило исследователей начать присматриваться к содержимому клетки, тогда как до того исключительное внимание их было обращено только на оболочку клетки.



**В 1875 г. Оскар Гертвиг описал процесс оплодотворения как соединения двух клеток.**





- **Оскар Вильгельм Август Хертвиг**, немецкий эмбриолог, который первым в мире догадался о том, что главным в оплодотворении является слияние ядра сперматозоида и яйцеклетки.
- Позже он будет развивать гипотезу о наследственной передаче признаков из поколения в поколение через клеточное ядро, что в конце концов, но уже без Хертвига, приведёт к открытию хромосом.

В итоге к началу 80-х годов XIX века была сформулирована ядерная гипотеза наследственности.

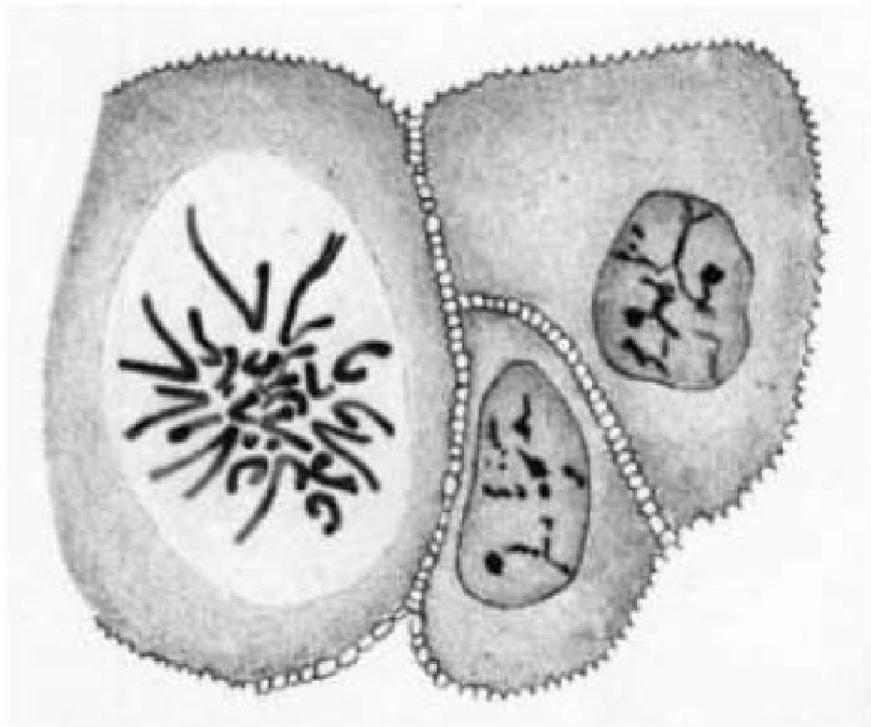
- Ядерная гипотеза наследственности была доказана уже в конце XIX века, еще до переоткрытия законов Менделя.

Хромосомы открыли сразу несколько человек в период с 1874 по 1879 гг. как некие нитевидные структуры, возникающие на месте ядра при делении клеток

- И.Д. Чистяков (Россия)
- Э. Штрасбургер (Германия)
- Э. ван Бенеден (Бельгия)
- В. Флемминг (Германия)
- и другие



- **1882г. Вальтер Флемминг (Flemming) опубликовал книгу «Клеточное вещество, ядро и деление клетки», в которой описал особое «непрямое» деление ядра и привел множество детальных рисунков с окрашенными тельцами - хромосомами.**



- **Ввел термины «хроматин» и «МИТОЗ»**

Figure 1. On the left side a cell from the human cornea is depicted in the process of indirect nuclear division. Two neighbouring cells on the right side are shown during the resting stage (interphase) (Flemming, 1882).



В 1883 г. **Эдуард Ван Бенеден** заметил, что в половых клетках их в два раза меньше. При их соединении получается двойной набор хромосом, характерный для взрослых индивидуумов. Так, в начале XX нашего века эмбриология и цитология заложили надежную основу для исследования материальных носителей наследственности.



**Теодор Бовери**  
(1867-1915)  
немецкий цитолог  
и эмбриолог

- В 1889 году Теодор Бовери показал, что у морских ежей при оплодотворении яйцеклеток, лишенных ядра, полноценными сперматозоидами образуются вполне жизнеспособные гибриды.
- В своих опытах Т. Бовери использовал два вида морских ежей: *Echinus microtuberculatus* и *Sphaerechinus granulans*, личинки которых различаются по строению скелета.

# Два вида морских ежей кое-что прояснили



*Echinus microtuberculatus*

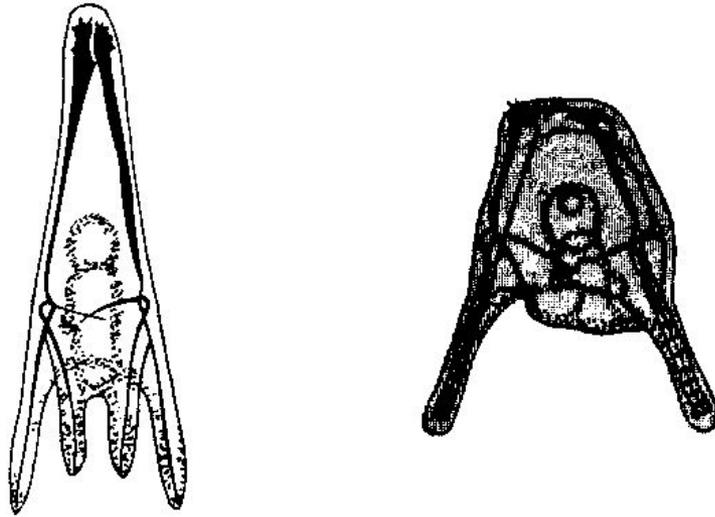


*Sphaerechinus granularis*

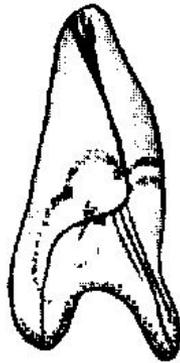
# Равнозначность мужского и женского пронуклеусов при оплодотворении у морского ежа

- Если оплодотворяют яйца, ядра которых разрушены встряхиванием, или даже их безъядерные фрагменты, то личинка развивается нормально только за счет мужского пронуклеуса. Правда, такие личинки примерно в 4 раза меньше обычных.
- При нормальном оплодотворении личинки имеют скелет промежуточного строения. Если же оплодотворяют безъядерные яйцеклетки *E. microtuberculatus* сперматозоидами *S. granularis*, то личинки полностью повторяют строение скелета *S. granularis*, хотя и обладают меньшими размерами, чем при обычном оплодотворении

А



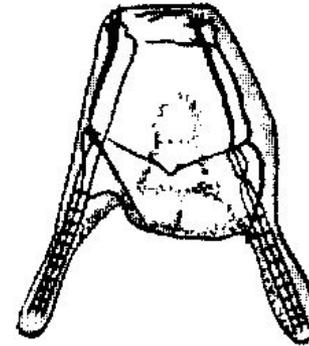
Echinus microtuberculatus × Sphaerechinus granularis  
(яйцеклетка) (сперматозоид)



гибридная личинка с промежуточной формой скелета

Б

Echinus microtuberculatus × Sphaerechinus granularis  
(безъядерный фрагмент яйцеклетки) (сперматозоид)



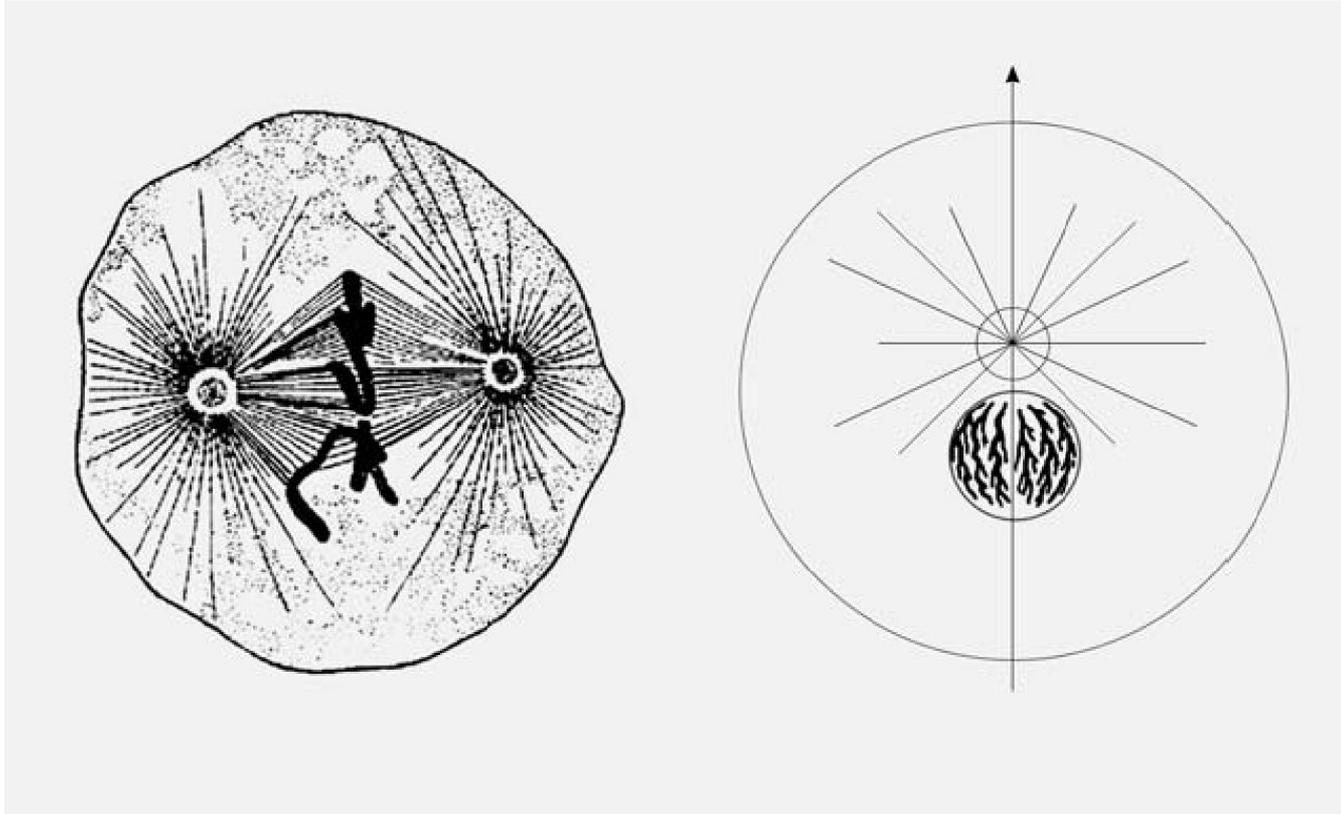
гибридная личинка со скелетом S granularis

Рис. 1.3. Схема опыта Т. Бовери (по Гольдшмидту, 1913). А — нормальное оплодотворение; Б — результат оплодотворения безъядерного фрагмента яйца

Бовери также продемонстрировал, что каждая хромосома несёт только часть наследственной информации

- В этом ему опять помогли морские ежи, а также наблюдение за недавно открытым клеточным центром - центросомой.

# Центросома – концертмейстер клетки

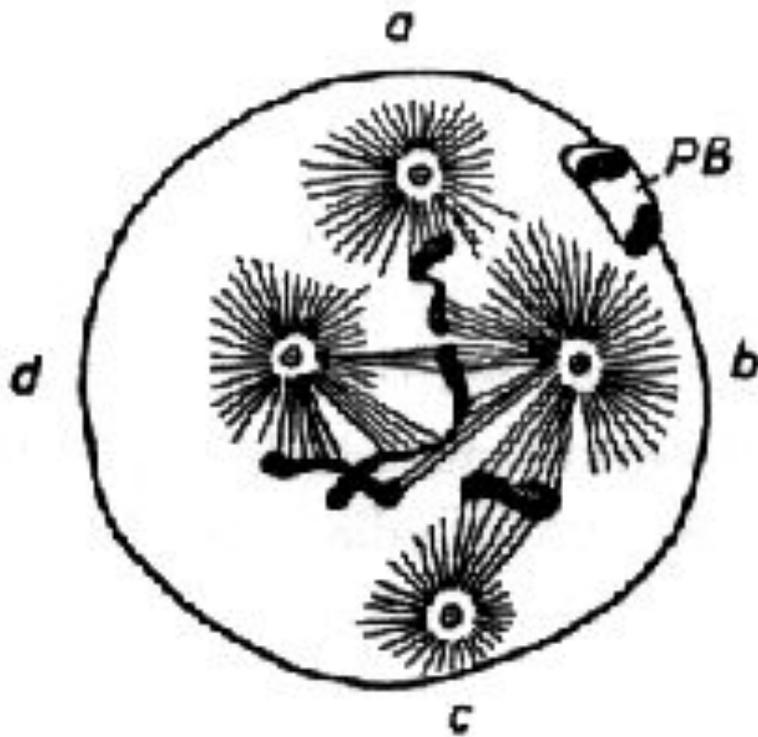


Такой увидели центросому в 1887 году ее первооткрыватели: центросома в полюсах митотического веретена, по описанию Т. Бовери (слева), и центросома в интерфазной клетке, по Э. ван Бенедену

# Яйцеклетка может формировать не два, а четыре полюса деления при двойном оплодотворении

- Когда яйцеклетка московского ежа *Ascaris megaloccephala* поглощает сперматозоид, то от него она получает не только ядро, но и клеточный центр, который потом делится и образует полюса в веретене деления.
- При редком двойном оплодотворении яйцеклетка получает уже две centrosомы, дающие начало уже четырём полюсам деления

# В результате хромосомы расходились не поровну, а случайно к четырём, а не двум полюсам деления



- Зародыш, состоящий из анеуплоидов, вскоре погибал
- Значит каждая отдельная хромосома содержит только часть, а не всю наследственную информацию!



- Чермак фон Зейзенег, чех по происхождению, в то время уже известный селекционер зерновых культур, работая со злаками, обнаружил, что при скрещивании разных сортов различные признаки во втором поколении дают вот такое интересное расщепление — 3:1.

- У него в лаборатории были, конечно, эти труды общества в Брно, он даже читал работу Менделя и вспомнил про нее.

«Я считаю, однако, нужным указать на эту статью потому, что метод автора и способ выразить свои результаты



- Чермак переписывался с Карлом Корренсом, который занимался разведением и скрещиваниями цветочков, удобных для разведения и скрещивания, в основном «ночной красавицей» (*Mirabilis jalapa*).

- Собственно, Корренс и навел Чермака на отношение 3:1, он писал ему, что у него с *Mirabilis jalapa* получалась такая штука. Он скрещивал красные с белоцветущими, и в первом поколении гибриды были розовые, а во втором поколении одна четверть была красная, две четверти розовые и одна четверть белая.



- Корренс состоял в переписке с голландцем Де Фризом, который, будучи физиологом растений, скрещивал разные формы ослинника (*Oenothera*) и получил отношение 3:1.

# Резюме

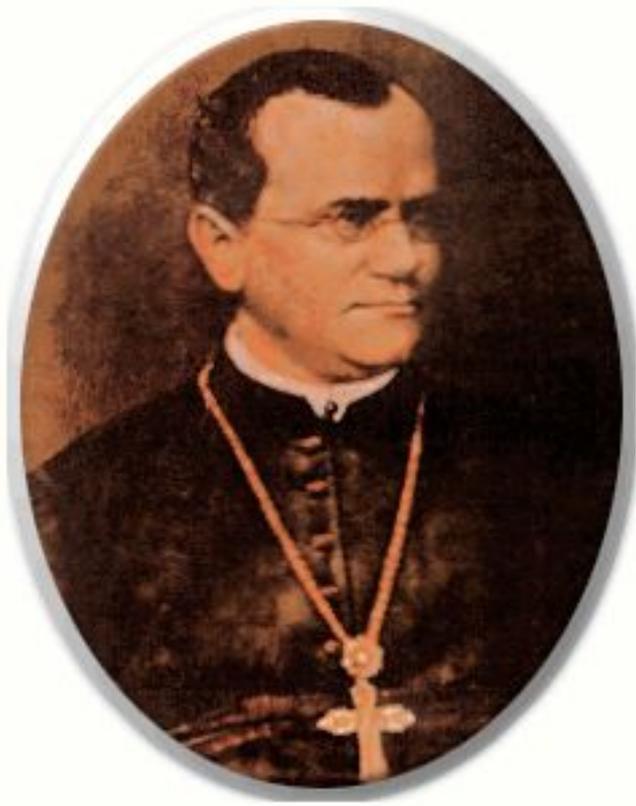
- Таким образом, три ботаника — Чермак, Корренс и Де Фриз — обнаружили, каждый на своем объекте, то же самое, что 35 лет тому назад обнаружил на горохе Мендель.

Де Фриз в свою очередь состоял в переписке с двумя зоологами...

- Француз Кено «баловался» с мышками — белыми, серыми, черными, рыжими и прочими; скрещивал их и смотрел, что получится.
- Бейтсон «баловался» с курочками...
- И опять-таки во втором поколении вышло 3:1.

# Счастлиное совпадение

В пяти странах пять разных биологов на пяти разных объектах — трех семействах растений и двух разных классах позвоночных животных — открыли одно и то же. То, что на бобовом растении горохе (и далеко не только) до них открыл Мендель.



*«...Только опыт может решить, вполне ли сходно ведут себя изменчивые гибриды других видов растений, однако следует предполагать, что в основных моментах не может быть принципиального различия, так как единство плана развития органической жизни стоит вне сомнения».*

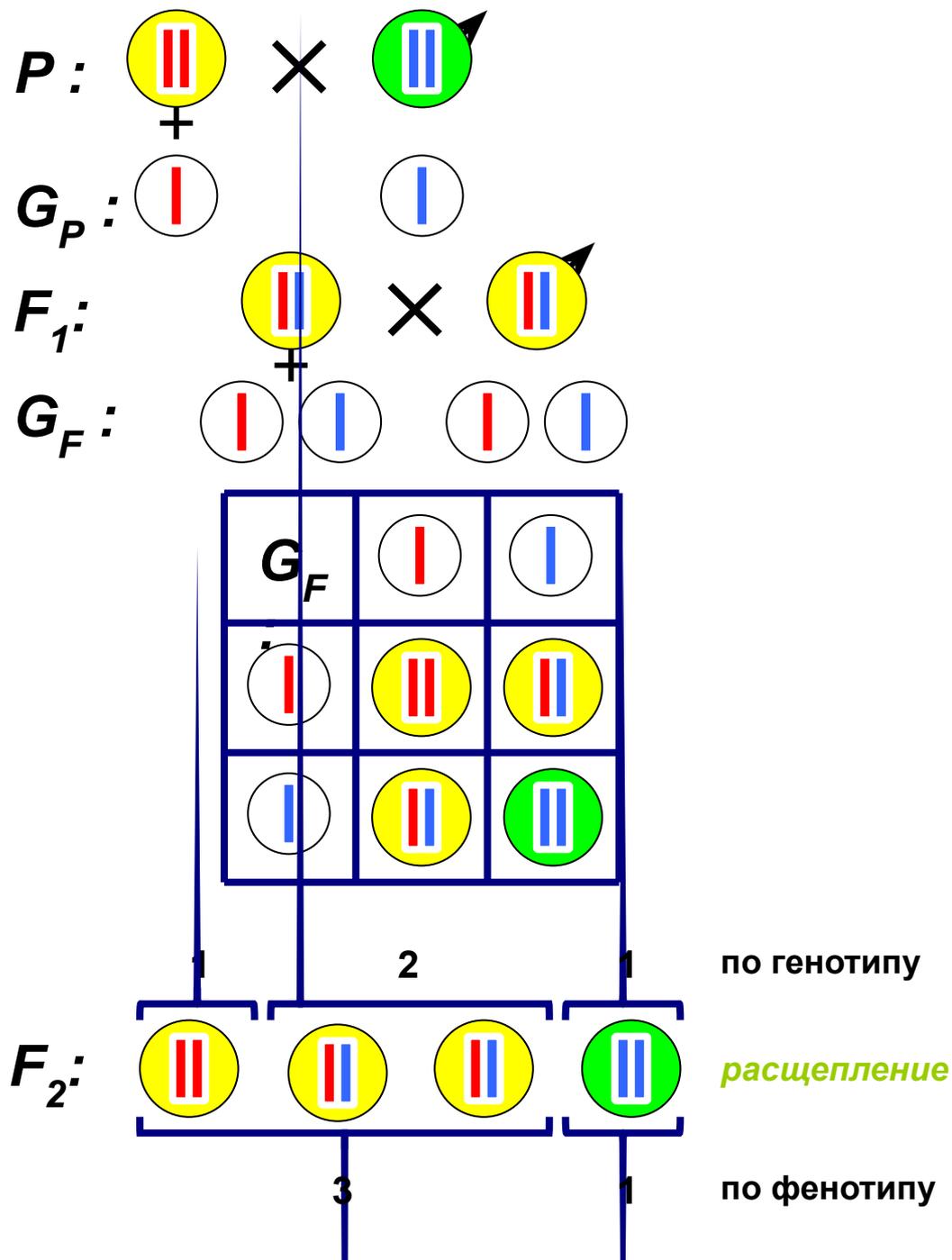
**Г.Мендель**

# До хромосомной гипотезы оставался один шаг...

- Его сделал Уильям Сеттон, обративший внимание на поразительный параллелизм в поведении менделевских факторов и хромосом. Уже после переоткрытия законов Менделя Сэттон в 1903 г. поместил менделевские факторы в хромосомы.

# Что подтолкнуло У.Сеттона?

- Уильям Сэттон обратил внимание на параллелизм в поведении хромосом в мейозе и гипотетических факторов наследственности, существование которых предсказал еще сам Мендель.



- Цитологические основы** наследования признаков при моногибридном скрещивании заключаются в том, что каждый признак закодирован в одной паре гомологичных хромосом. Тогда уменьшение числа аллелей в два раза при гаметогенезе связано с образованием гаплоидных клеток в мейозе. Объединение гамет в зиготе связано с восстановлением диплоидного набора хромосом.

# Молодая наука генетика попала в кризисную ситуацию.

- В 1906 г. У. Бэтсон и Р. Пеннет обнаружили сцепленное наследование у душистого горошка. Они изучали совместное наследование: окраски цветков (пурпурная или красная) и формы пыльцевых зерен (удлиненная или округлая).
- При скрещивании дигетерозигот в их потомстве наблюдалось расщепление 11,1:0,9:0,9:3,1 вместо ожидаемого 9:3:3:1.
- Создавалось впечатление, что факторы окраски и формы пыльцы имеют тенденцию при рекомбинации задатков оставаться вместе. Это явление авторы назвали «взаимным притяжением факторов», но природу его им выяснить не удалось.

- Это противоречие с третьим законом Менделя, в сущности, стали началом нового открытия. И его сделал **Томас Морган**. Он предположил, что гены расположены группами в линейном порядке.
- Так, генетики, даже не зная того, как устроены гены, нашли способ по вычислению силы сцепления, в каком порядке они расположены на неизвестных материальных носителях.

# Томас Морган



© eye of science



Где самец, а где самка?

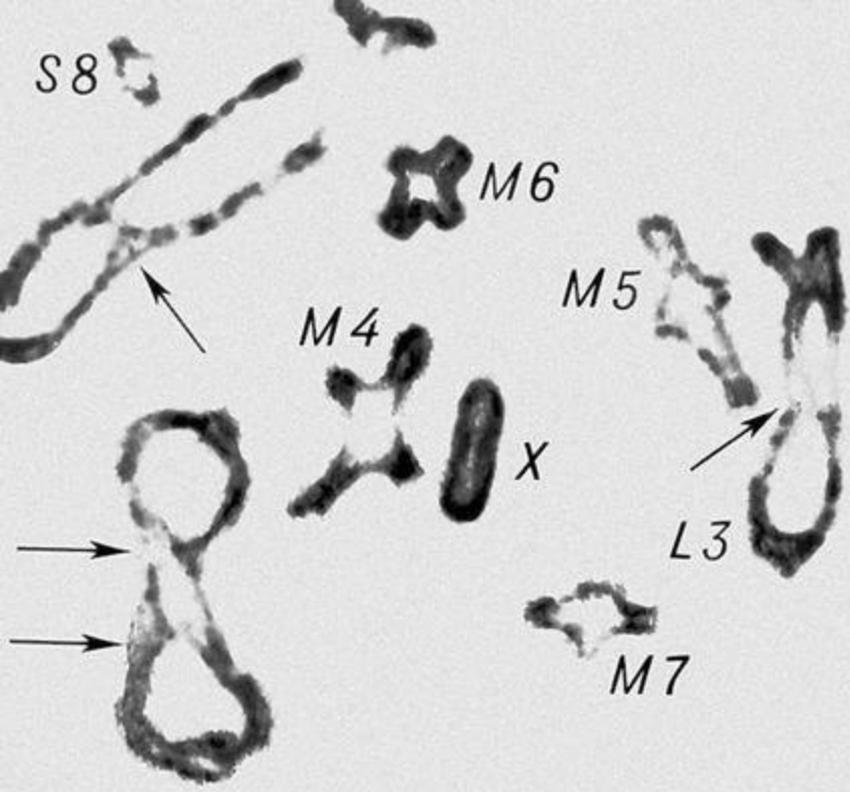


# Чем хороша «чернобрюхая любительница росы»?

- Легко культивируется в лабораторных условиях.
- Характеризуется малым числом хромосом ( $2n = 8$ ).
- В слюнных железах личинок дрозофилы имеются гигантские (политенные) хромосомы, удобные для прямого наблюдения.
- Отличается высокой изменчивостью морфологических признаков.

# Открытие явления рекомбинации генов

- К своему удивлению, Морган и его сотрудники отмечали, что гены, расположенные на одной и той же хромосоме, наследовались вместе реже, чем этого можно было ожидать.
- В большинстве клеток организма имелось по две хромосомы каждого типа, и Морган подозревал, что хромосомы в паре могут расщепляться и рекомбинировать, тем самым позволяя производить обмен генами.
- Эта мысль подтверждалась полученными под микроскопом данными переплетающихся хромосом, которые, по мнению впервые наблюдавшего их в 1909 г. бельгийского ученого Ф. А. Янсена, могли обмениваться между собой своими участками.



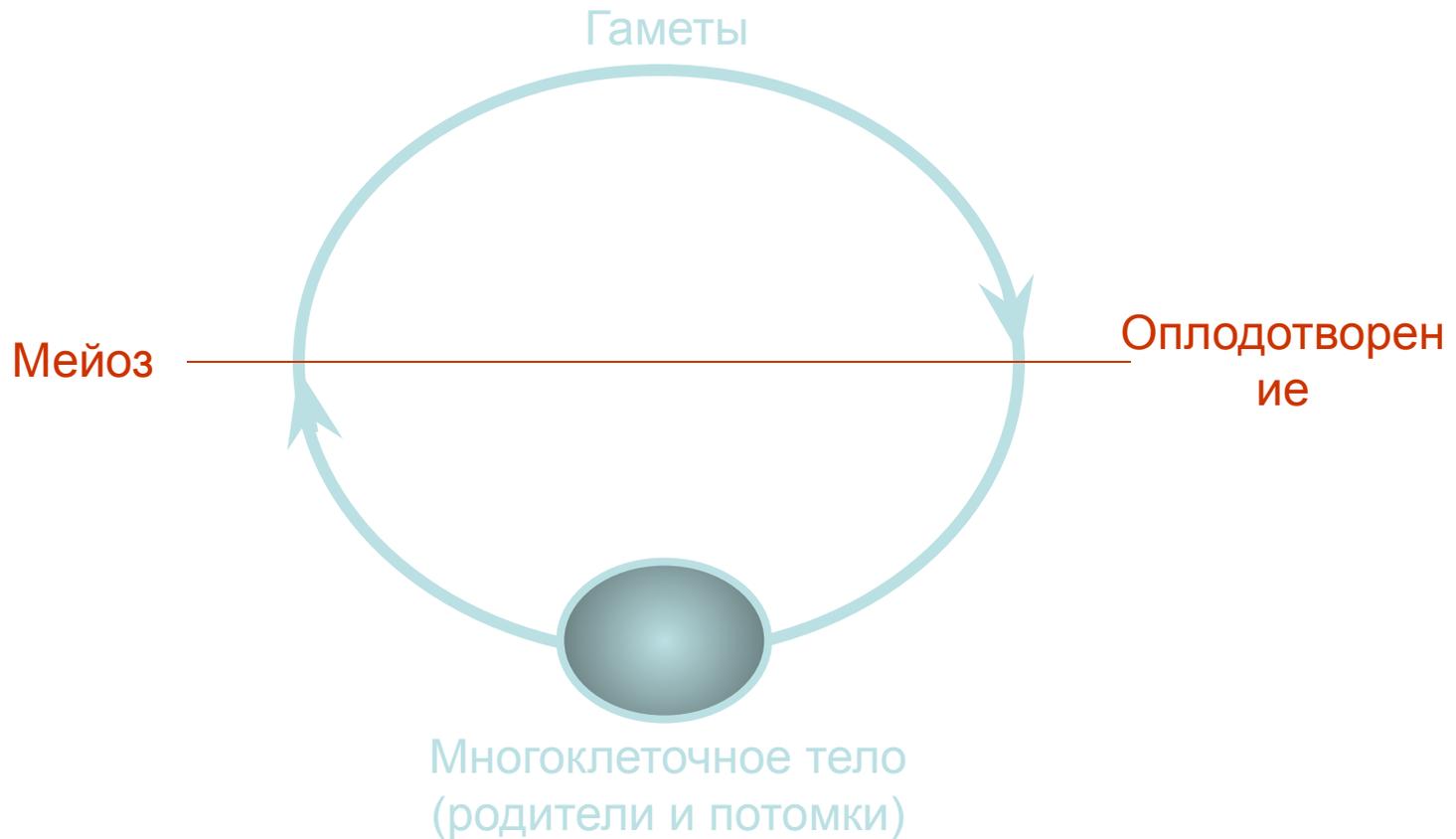
Хотя до открытия роли ДНК и РНК было ещё далеко, генетики наконец-то поняли, что гены находятся в хромосомах и линейно в ней расположены.

- В 1909 г. бельгийский ученый Ф. А. Янсен показал, что хромосомы обмениваются между собой своими участками – так было показано, почему гены, хотя и сцеплены, но всё-таки могут перетасовываться.

# Ключевой штрих от Т.Моргана

- Важнейшей заслугой Т. Моргана явилось то, что он первым связал перекомбинацию генов находящихся на хромосоме генов с физическим обменом участками гомологичных хромосом – кроссинговером.
- Кроссинговер (от англ. *crossing-over* – перекрёст) – это обмен гомологичными участками между гомологичными хромосомами (хроматидами) в ходе профазы I мейоза Кроссинговер. Типы кроссинговера

# Ключевые представления классической генетики, основанные на понимании жизненного цикла эукариот



# Основные положения хромосомной теории наследственности:

- Гены локализованы в хромосомах. Разные хромосомы содержат неодинаковое число генов. Набор генов каждой из негомологичных хромосом уникален.
- Аллельные гены занимают одинаковые локусы в гомологичных хромосомах.
- Гены расположены в хромосоме в линейной последовательности.
- Гены одной хромосомы образуют группу сцепления, благодаря чему происходит сцепленное наследование некоторых признаков. Сила сцепления находится в обратной зависимости от расстояния между генами.
- Каждый биологический вид характеризуется определенным набором хромосом - кариотипом.

Цитология соединилась с генетикой, а до соединения её с молекулярной биологией оставалось ещё 30 лет.

- А зародившаяся хромосомная теория наследственности стала одним из трёх китов современной биологии.
- **Кстати, а какие два остальные?**

