

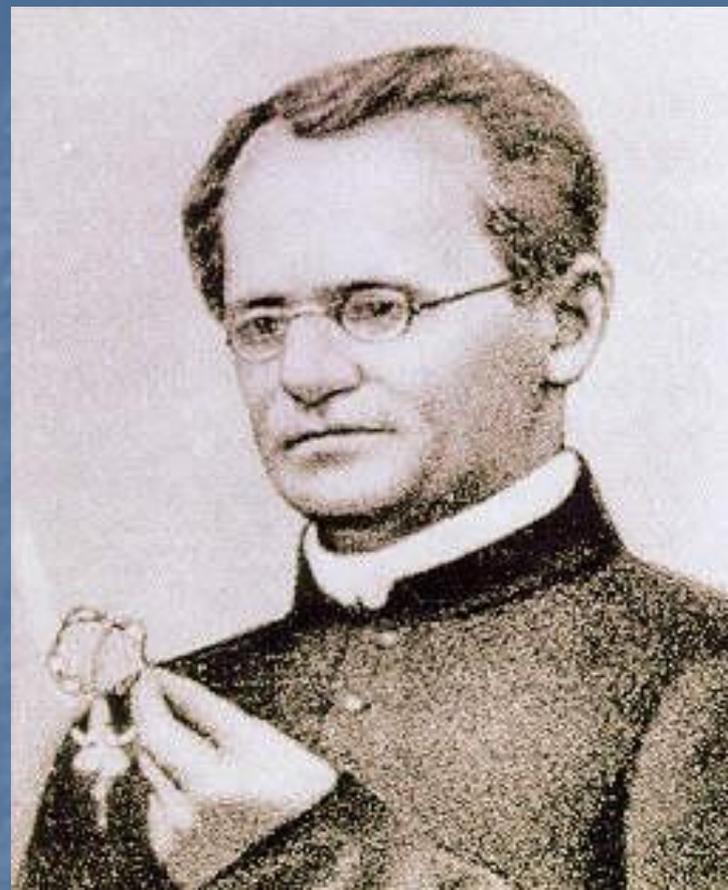
Биология. Часть II

Тема 5

Строение и функционирование клеток

- *Генетика* – это наука о закономерностях наследственности и изменчивости – двух противоположных и вместе с тем неразрывно связанных между собой процессов, свойственных всему живому на Земле.

- Основателем генетики является Грегор Мендель



- **Ген** – участок молекулы ДНК, определяющий наследование того или иного признака, определяет структуру одного белка.
- **Генотип** – сумма генов данного организма, его индивидуальная генетическая конструкция, которую он получает от своих родителей. Генотип относительно стоек на протяжении всей жизни индивидуума.



- **Геном** – сумма генов или полное количество ДНК, характерное для клеток организма определенного вида.
- **Фенотип** – совокупность всех внешних и внутренних признаков одного организма. В противоположность генотипу фенотип любого организма изменяется на протяжении всей его жизни (от эмбриона до старости, фотографии).
- **Генофонд** – совокупность генов, которые имеются у особей данной популяции, группы популяций или вида.

- *Генетический код - это система записи информации о последовательности расположения аминокислот в белках с помощью последовательности расположения нуклеотидов в ДНК.*

Свойства генетического кода

- **1. Триплетность**
- Каждая аминокислота кодируется последовательностью из 3-х нуклеотидов.
- Триплет или кодон - последовательность из трех нуклеотидов, кодирующая одну аминокислоту.

- Код не может быть моноплетным, поскольку 4 (число разных нуклеотидов в ДНК) меньше 20. Код не может быть дуплетным т.к. 16 (число сочетаний и перестановок из 4-х нуклеотидов по 2) меньше 20. Код может быть триплетным, т.к. 64 (число сочетаний и перестановок из 4-х по 3) больше 20.

Вторая позиция кодона

| | U | C | A | G | | |
|-----------------------|---|--------------------------|--------------------------|--|----------------------------------|------------------|
| Первая позиция кодона | U | Phe Phe Leu Leu | Ser Ser Ser Ser | Tyr Tyr STOP STOP | Cys Cys STOP Trp | U C A G |
| | C | Leu Leu Leu Leu | Pro Pro Pro Pro | His His Gln Gln | Arg Arg Arg Arg | U C A G |
| | A | Ile Ile Ile Met | Thr Thr Thr Thr | Asn Asn Lys Lys | Ser Ser Arg Arg | U C A G |
| | G | Val Val Val Val | Ala Ala Ala Ala | Asp Asp Glu Glu | Gly Gly Gly Gly | U C A G |

Третья позиция кодона

- **2. Вырожденность.**
- **Все аминокислоты, за исключением метионина и триптофана, кодируются более чем одним триплетом:**
- **2 АК по 1 триплету = 2**
- **9 АК по 2 триплета = 18**
- **1 АК 3 триплета = 3**
- **5 АК по 4 триплета = 20**
- **3 АК по 6 триплетов = 18**
- **Всего 61 триплет кодирует 20 аминокислот.**

- **3. Наличие межгенных знаков препинания.**
- *Гены tРНК, rРНК, sРНК белки не кодируют.*
- **В конце каждого гена, кодирующего полипептид, находится, по меньшей мере, один из 3-х терминирующих кодонов, или стоп-сигналов: UAA, UAG, UGA. Они терминируют трансляцию.**
- **Условно к знакам препинания относится и кодон AUG - первый после лидерной последовательности. Он выполняет функцию заглавной буквы. В этой позиции он кодирует формилметионин (у прокариот).**

5. Компактность, или отсутствие внутригенных знаков препинания.

Внутри гена каждый нуклеотид входит в состав значащего кодона.

В 1961г. Сеймур Бензер и Френсис Крик экспериментально доказали триплетность кода и его компактность.

| | |
|---|--------------------------|
| GCU GCU GCU GCU GCU GCU GCU Ala Ala Ala Ala Ala Ala Ala | Дикий тип |
| GCU GCU ⁺ AGC UGC UGC UGC UGC Ala Ala Ser Cys Cys Cys Cys | Вставка (+1) |
| GCU GCU GCU GCU ⁻ G CUG CUG CUG Ala Ala Ala Ala Leu Leu Leu | Делеция (-1) |
| GCU GCU ⁺ AGC UGC ⁻ UCU GCU GCU Ala Ala Ser Cys Ser Ala Ala | Двойной мутант (+1, -1) |
| GCU ⁺ GAC UGC ⁺ AUG CUG ⁺ CAU GCU Ala Asp Cys Met Leu His Ala | Тройной мутант (3 по +1) |
| ⁻ G CUG ⁻ CUC UGC ⁻ UCU GCU GCU Ala Leu Leu Cys Ser Ala Ala | Тройной мутант (3 по -1) |

- **6. Универсальность.**
- *Генетический код един для всех живущих на Земле существ.*
- **Это является сильнейшим свидетельством в пользу единства происхождения и эволюции.**
- **В 1979г. Беррел открыл идеальный код митохондрий человека.**

- **Определение: идеальным называется генетический код, в котором выполняется правило вырожденности квазидублетного кода: Если в двух триплетах совпадают первые два нуклеотида, а третьи нуклеотиды относятся к одному классу (оба - пурины или оба - пиримидины), то эти триплеты кодируют одну и ту же аминокислоту.**

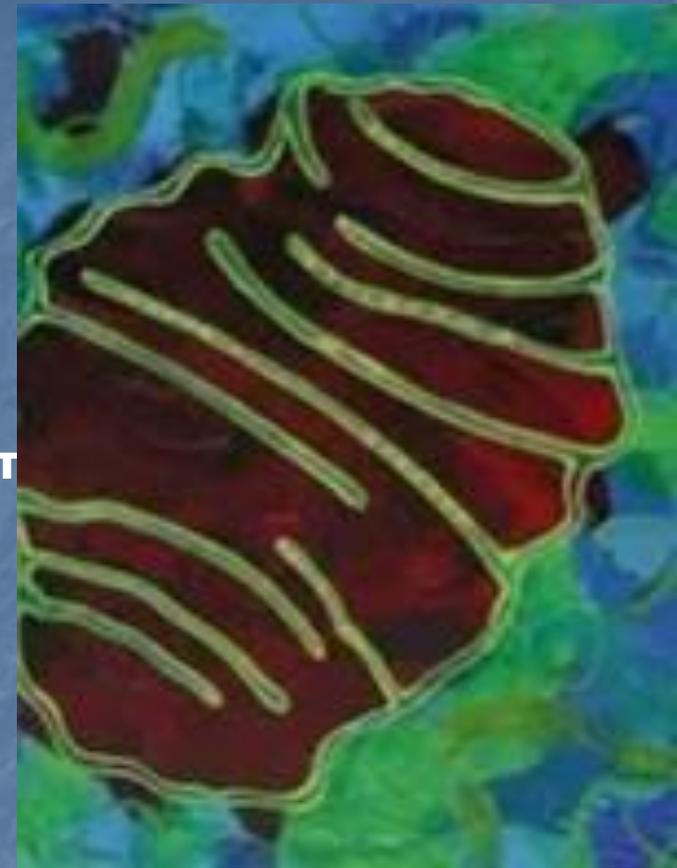
Из этого правила в универсальном коде есть два исключения. Оба отклонения от идеального кода в универсальном касаются принципиальных моментов: начала и конца синтеза белка:

| Кодон | Универсальный код | Митохондриальные коды | | | |
|-------|-------------------|-----------------------|----------------|--------|----------|
| | | Позвоночные | Беспозвоночные | Дрожжи | Растения |
| UGA | STOP | Trp | Trp | Trp | STOP |
| AUA | Ile | Met | Met | Met | Ile |
| CUA | Leu | Leu | Leu | Thr | Leu |
| AGA | Arg | STOP | Ser | Arg | Arg |
| AGG | Arg | STOP | Ser | Arg | Arg |

Испанскими учеными обнаружен беспрецедентный, по их словам, случай существования параллельного митохондриального генетического кода в пределах одного типа – членистоногих..

Согласно их данным по 74 видам членистоногих, у 24 видов кодон AGG кодирует лизин, а у 34 – аргинин. В тоже время было выявлено, что 16 видов членистоногих этот кодон вообще не используют. До этого момента считалось, что митохондриальный геном, вне зависимости от своих особенностей, должен быть единым в пределах одного типа, и тем более одного класса.

Выводы испанских ученых вынуждают пересмотреть структуру филогенетического дерева членистоногих, и с эволюционной точки зрения принять возможность многократных и обратимых изменений генетического кода митохондрий. Последнее, однако, подрывает в учении Ч. Дарвина принцип необратимости эволюции.



Информационная емкость ДНК

На Земле живет 6 миллиардов человек. Наследственная информация о них заключена в 6×10^9 сперматозоидах. По разным оценкам у человека от 30 до 50 тысяч генов. У всех людей $\sim 30 \times 10^{13}$ генов или 30×10^{16} пар нуклеотидов, которые составляют 10^{17} кодонов. Средняя книжная страница содержит 25×10^2 знаков. ДНК 6×10^9 сперматозоидов содержит информацию, равную по объему примерно 4×10^{13} книжных страниц. Эти страницы заняли бы объем 6-и зданий Новосибирского государственного университета. 6×10^9 сперматозоидов занимают половину наперстка. Их ДНК занимает менее четверти наперстка.

- **Основные
закономерности
изменчивости и
наследования признаков
Законы Г.Менделя**

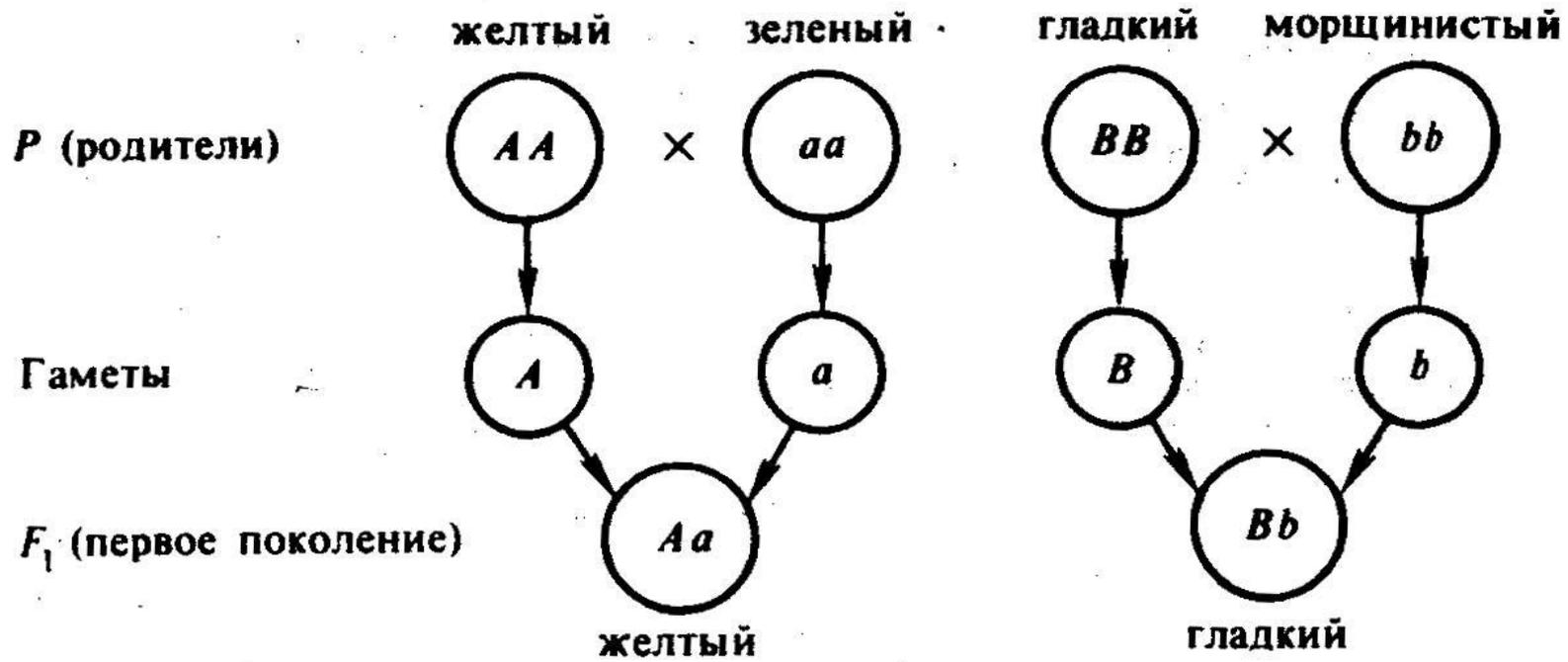
- Первые попытки экспериментального решения проблем, связанных с передачей признаков из поколения в поколение, предпринимались уже в XVIII веке. Ученые, скрещивая между собой особи и получая помесное потомство, стремились узнать, как наследуются родительские признаки. Однако неверный методический подход – одновременное изучение большого количества признаков – приводил к невозможности выявить какие-либо закономерности.

- Честь открытия количественных закономерностей наследования признаков принадлежит чешскому ботанику-любителю Грегору Менделю. Он показал, что признаки организмов определяются дискретными наследственными факторами. Однако эти работы оставались практически неизвестными почти 35 лет - с 1865 по 1900. В 1900 году законы Менделя были переоткрыты независимо сразу тремя учеными - Г. де Фризом в Голландии, К. Корренсом в Германии и Э.Чермаком в Австрии.

- Скрещивание двух организмов называют **гибридизацией**: потомство от скрещивания двух особей с различной наследственностью называют **гибридным**, а отдельную особь **гибридом**
- **Моногибридным** называют скрещивание двух организмов, отличающихся друг от друга по одной паре альтернативных (взаимоисключающих) признаков
- **Доминирование** - преобладание у гибрида признака одного из родителей
- **Доминантный признак** (от лат. *dominantis* – господствующий) - признак, проявляющийся у гибрида первого поколения и подавляющий развитие другого признака
- **Рецессивный признак** (от лат. *recessus* – отступление, удаление) - подавляемый признак
- Доминантный признак принято обозначать прописной буквой, например **A**. Рецессивный - строчной 0 **a**.

ПЕРВЫЙ ЗАКОН

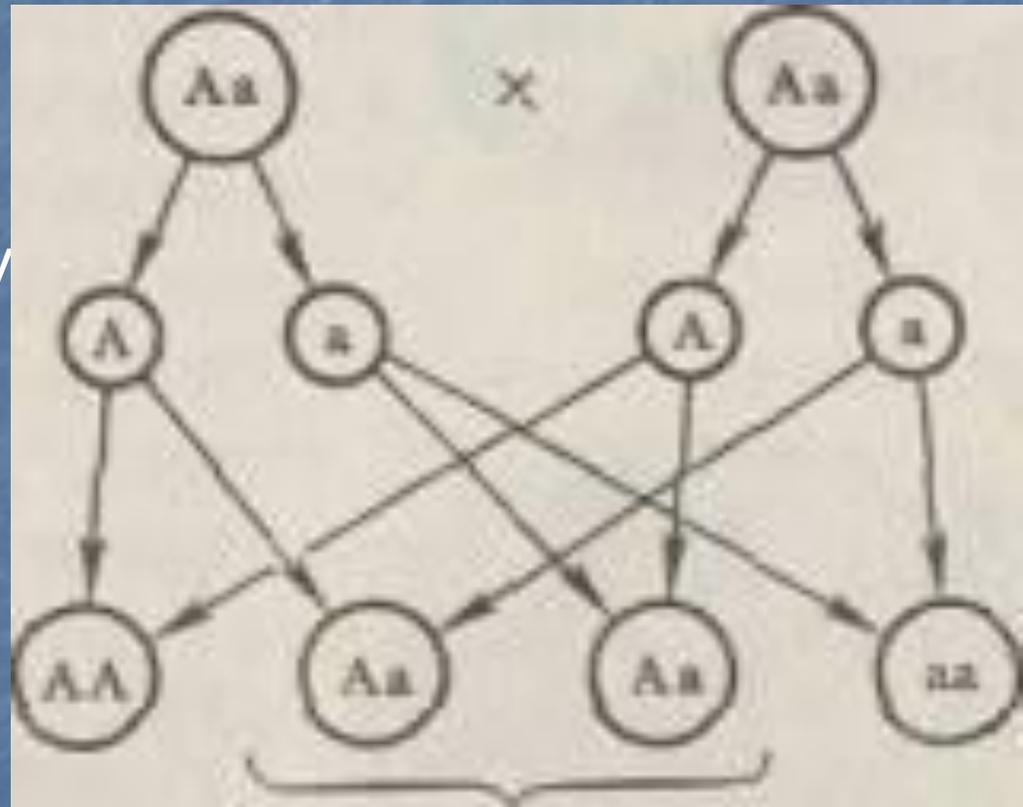
- Первый закон Менделя называют законом единообразия гибридов первого поколения или законом доминирования. Формулируется он следующим образом: **при скрещивании двух организмов, относящихся к разным чистым линиям (двух гомозиготных организмов), отличающихся друг от друга по одной паре альтернативных признаков, все первое поколение гибридов (F_1) окажется единообразным и будет нести признак одного из родителей.**



■ **Неполное доминирование.** Доминантный ген в гетерозиготном состоянии не всегда полностью подавляет рецессивный ген. В ряде случаев гибрид F_1 не воспроизводит полностью ни одного из родительских признаков и признак носит промежуточный характер с большим или меньшим отклонением к доминантному или рецессивному состоянию. Но все особи этого поколения единообразны по данному признаку. Так, при скрещивании ночной красавицы с красной окраской цветков (AA) с растением, имеющим белые цветки (aa), в F_1 образуется промежуточная розовая окраска цветка (Aa). При неполном доминировании в потомстве гибридов (F_1) расщепление по генотипу и фенотипу совпадает (1:2:1).

■ Неполное доминирование — широко распространенное явление. Оно обнаружено при изучении наследования окраски цветка у львиного зева, окраски шерсти у крупного рогатого скота и овец, биохимических признаков у человека и т. д.

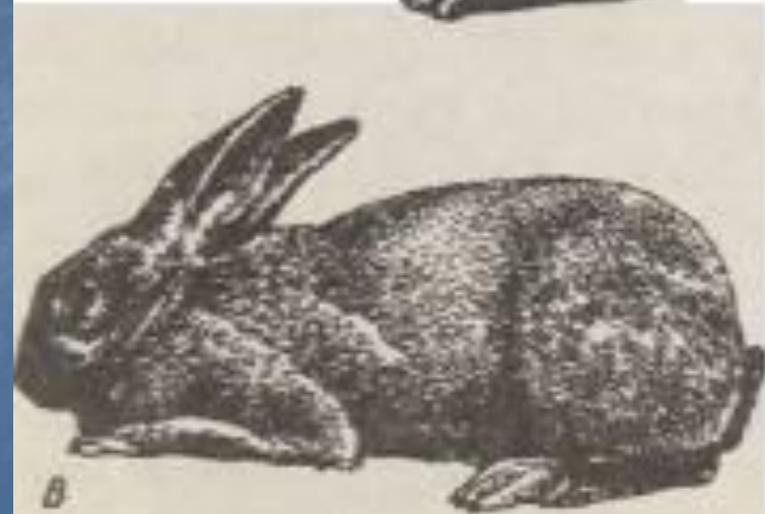
Промежуточные признаки, возникающие вследствие неполного доминирования, нередко представляют эстетическую или материальную ценность для человека.



- Иногда мутация может возникать в разных участках одного гена. Таким путем образуются несколько аллелей одного гена и соответственно несколько вариантов одного признака. Ген A может мутировать в состояние a_1, a^2, a_3, \dots а ген B в другом локусе — в состояние $b_1, b_2, b_3, b^*, \dots, b_n$ и т. д.

- Так, у кроликов существует серия множественных аллелей по окраске шерсти: сплошная (шиншилла), гималайская (горностаевая), а также альбинизм. Гималайские кролики на фоне общей белой окраски шерсти имеют черные кончики ушей, лап, хвоста и морды

- Альбиносы (а) полностью лишены пигмента. Члены одной серии аллелей могут находиться в разных доминантно-рецессивных отношениях друг к другу. Так, ген сплошной окраски доминантен по отношению ко всем членам серии. Ген гималайской окраски доминантен по отношению к гену белой окраски, но рецессивен по отношению к гену шиншилловой окраски. Развитие всех этих трех типов окраски обусловлено тремя разными аллелями, локализованными в одном и том же локусе.

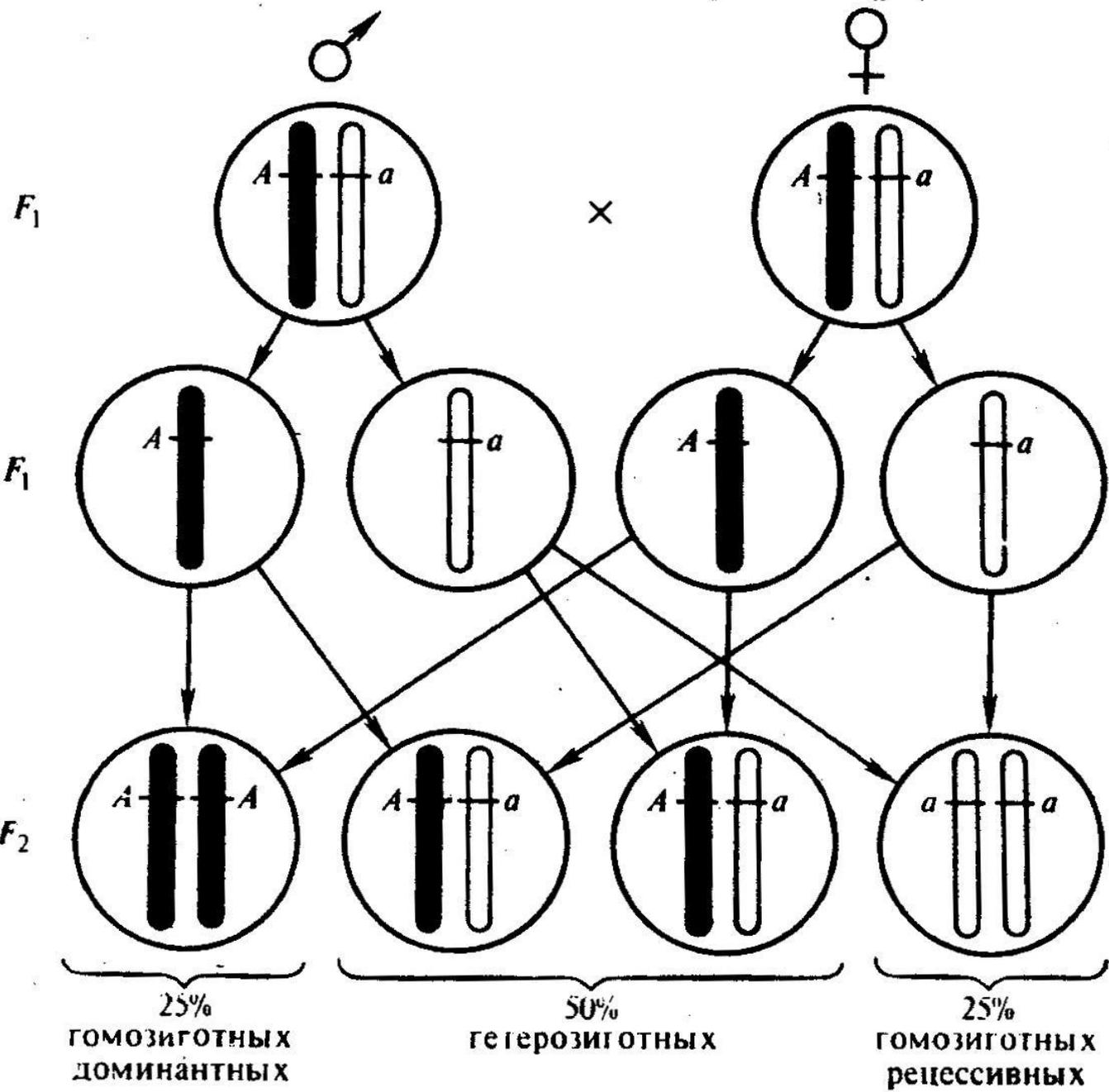


ВТОРОЙ ЗАКОН

- Второй закон Менделя формулируется следующим образом: *при скрещивании двух потомков первого поколения между собой (двух гетерозиготных особей) во втором поколении наблюдается расщепление в определенном числовом соотношении: по фенотипу 3:1, а по генотипу 1:2:1.*

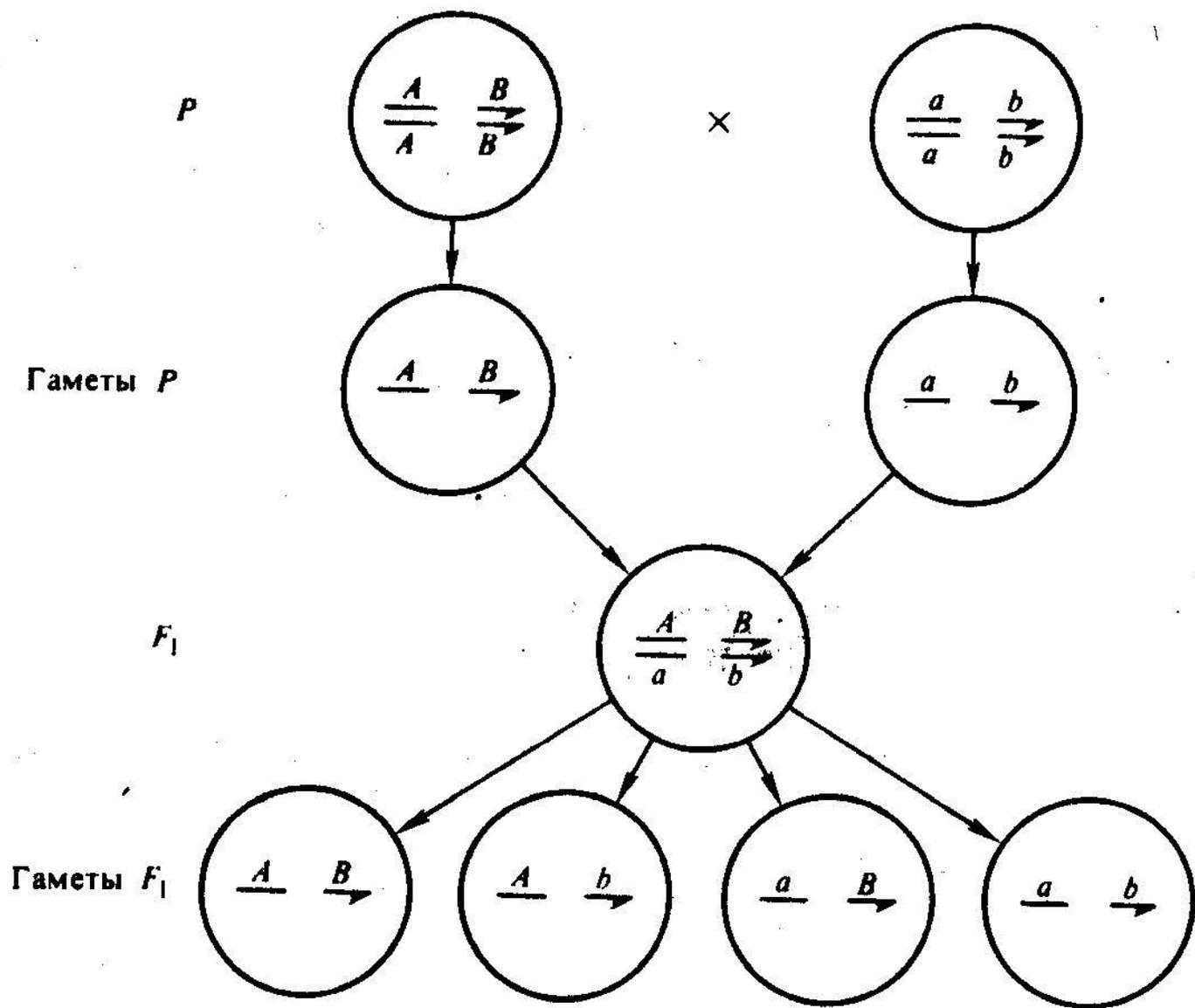
- *Расщепление* – это распределение доминантных и рецессивных признаков среди потомства в определенном числовом соотношении. Рецессивный признак у гибридов первого поколения не исчезает, а только подавляется и проявляется во втором гибридном поколении.

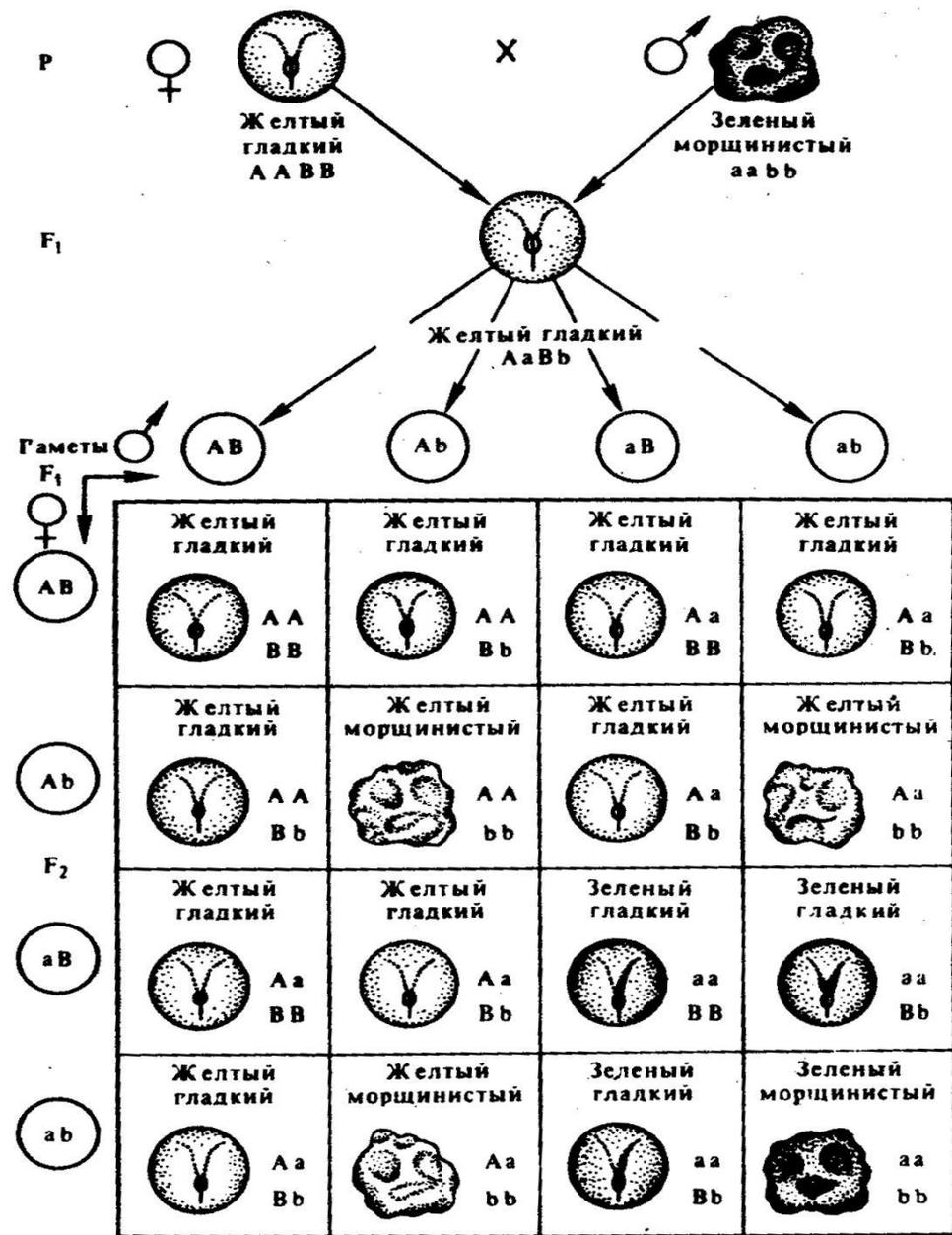
Гаметы F_1



Третий закон

- Третий закон Менделя формулируется следующим образом: *при скрещивании двух гомозиготных особей, отличающихся друг от друга по двум (и более) парам альтернативных признаков, гены и соответствующие им признаки наследуются независимо друг от друга и комбинируются во всех возможных сочетаниях.*





Наследование окраски и формы семян у гороха

A-желтая окраска семян

a-зеленая окраска семян

B- круглая форма семян

b-морщинистая форма семян

Рис. 73. Наследование окраски и формы семян у гороха:

A — желтая окраска семян, a — зеленая окраска семян, B — круглая форма семян, b — морщинистая форма семян

- **Гетерозигота** – организм, у которого какая-либо генная пара представлена доминантным и рецессивным генами
- **Гомозигота** – организм, у которого какая-либо генная пара представлена доминантными или рецессивными генами
- **Расщепление** – распределение доминантных и рецессивных признаков среди потомства в определенном числовом соотношении

Мутации

- Это внезапные, естественные или вызванные искусственно наследуемые изменения генотипического материала, приводящие к изменению тех или иных признаков организма.
- Мутант – это организм, получивший новые свойства в результате мутации.

- Свойства мутаций:
- -возникают внезапно, мутировать может любая часть генотипа
- -мутации чаще бывают рецессивными и реже – доминантными
- -мутации могут быть вредными, нейтральными и полезными
- -мутации передаются из поколения в поколение
- -мутации могут происходить под влиянием как внешних, так и внутренних воздействий

- -геномные (анеуплоидия и полиплоидия) – это изменение числа хромосом в геноме клетки. Анеуплоиды возникают когда не расходятся хроматиды отдельных хромосом в митозе или отдельные гомологичные хромосомы в мейозе. В результате могут возникать половые клетки с лишними хромосомами $-2n+1$ (трисомик), $2n-1$ (моносомик), $2n-2$ (нулисомик) или $2n+n$ (полисомик).
- Анеуплоиды встречаются как у растений, животных и человека. Обычно они обладают низкой жизнеспособностью и плодовитостью. У человека ведет к бесплодию.
- Полиплоидия – это кратное увеличение набора хромосом ($3n$ триплоиды, $4n$ тетраплоиды, $6n$ гексаплоиды). Чаще всего образуются при нарушении расхождения хромосом к полюсам клетки при мейозе и митозе (высокая и низкая температура, хим. В-ва колхицин, винбластин, хлороформ, эфир и т.д.). Около трети видов растений на нашей планете – полиплоиды, в условиях высокогорного Памира – 85%. Почти все культурные растения полиплоиды. У них более крупные цветки и плоды с большим количеством питательных веществ.

- -хромосомные мутации выражаются в изменении структуры хромосом.

Примеры хромосомных перестроек известны у многих организмов.

- У человека заболевание с синдромом «кошачьего крика» (фенилкетонурия), сопровождается умственной отсталостью, обычно смерть наступает в раннем возрасте). -

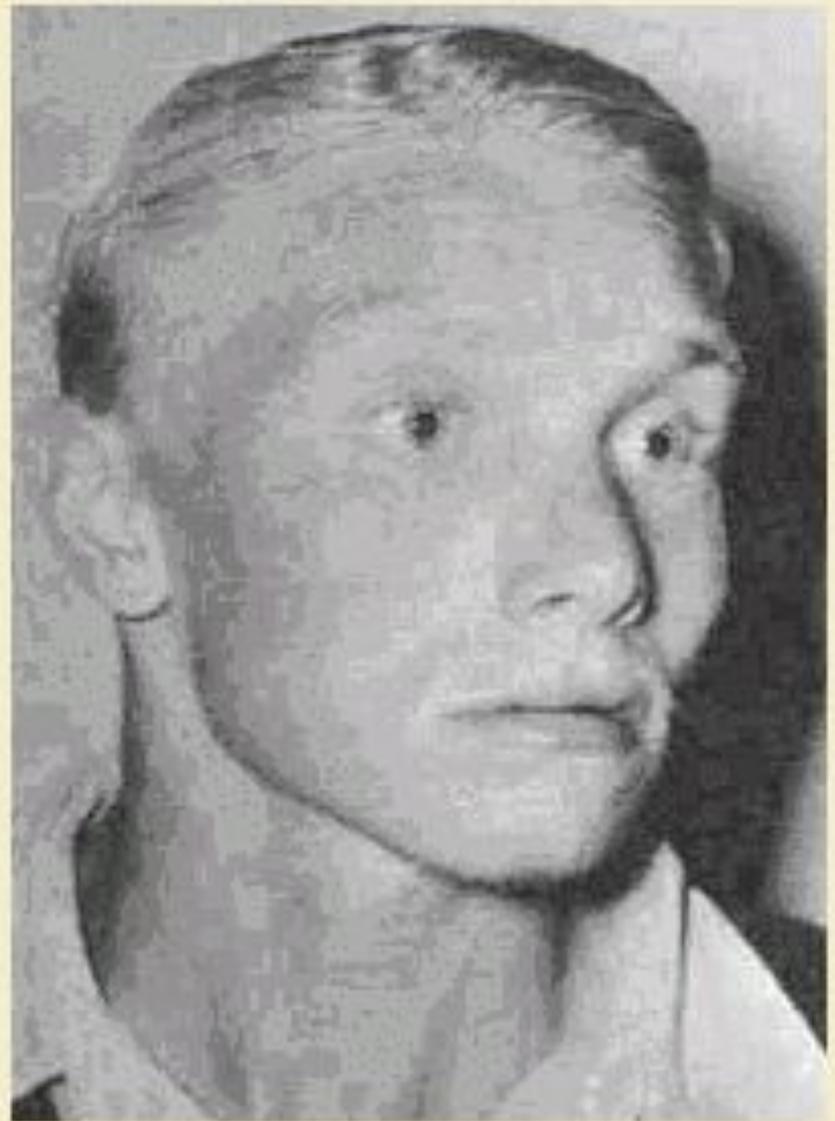


Рис. 12.8

*Больной с фенилкетонурией.
Слабая пигментация кожи, волос,
радужной оболочки глаз,
умеренная степень олигофрении*

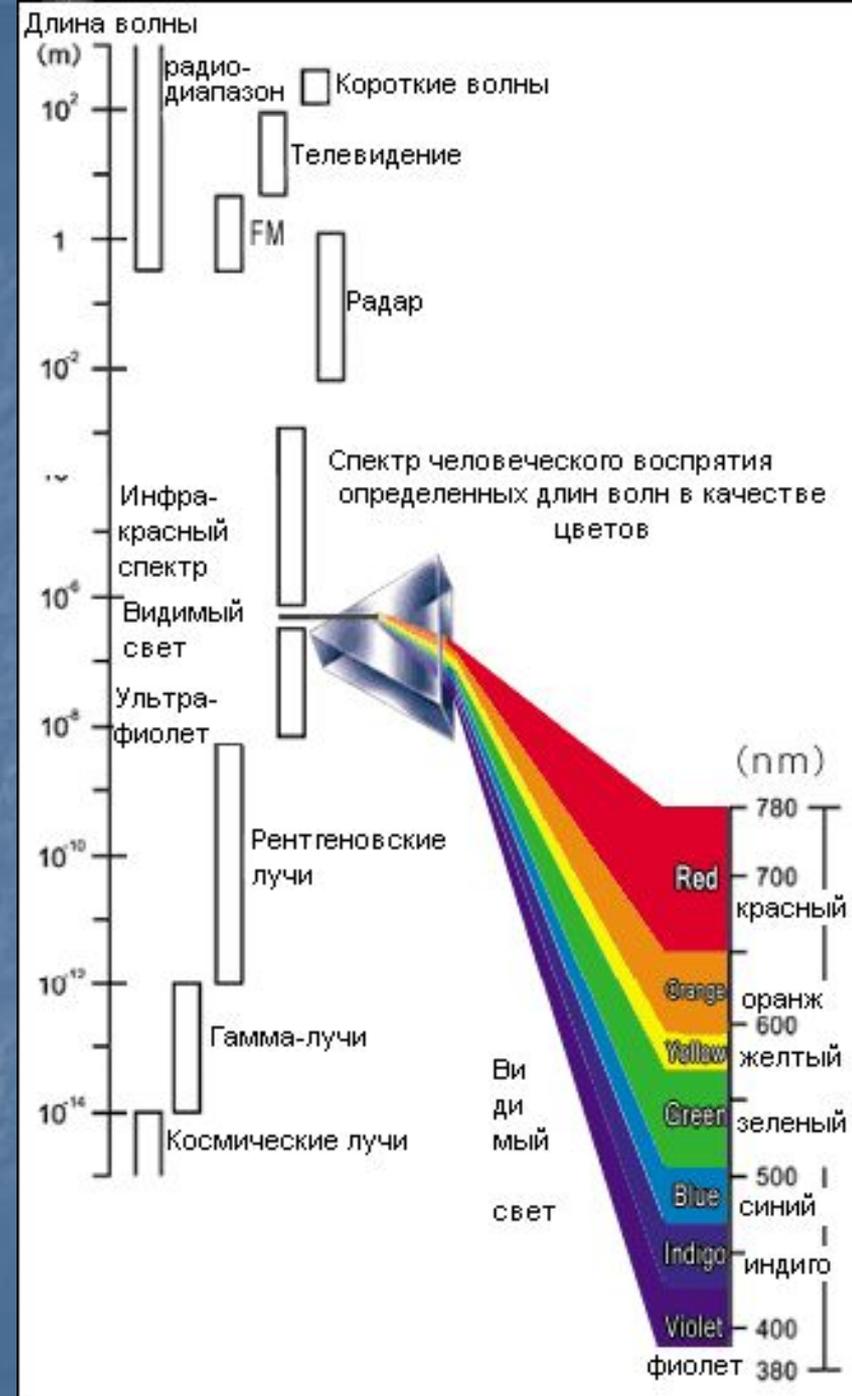
- Генные или точковые мутации – результат изменения нуклеотидной последовательности молекулы ДНК в определенном участке хромосомы.
- Пример - Серповидно-клеточная анемия - заболевание генетическое. Причина - замена всего одного нуклеотида в гене, кодирующем β-цепь гемоглобина.
- Дети - рецессивные гомозиготы по такому аллелю не доживают до двух лет. У гетерозигот 85% нормальных и 15% дефектных эритроцитов.
- Доминантные гомозиготы болеют малярией, гетерозиготы - не болеют.



- Нормальные и серповидные эритроциты

Мутагенные факторы – это факторы, вызывающие мутации.

- Физические мутагены – это ионизирующая радиация и УФ излучение. Это более короткие и обладающие большей энергией волны, чем
- -ионизирующие излучения
- -УФ излучение



- Химические мутагены – это органические и неорганические кислоты, щелочи, перекиси, соли металлов, формальдегид, фенолы, акриловые красители.
- Химические мутагены действуют как а реплицирующуюся, так и на покоящуюся ДНК, нарушают мейоз.
- В последние десятилетия мутагенный эффект наблюдается у некоторых лекарственных соединений (контрацептивы), соединений, входящих к косметические средства и в консерванты продуктов питания.



Деление клеток и механизмы передачи наследственной информации: митоз и его фазы; мейоз и его фазы; биологическое значение митоза и мейоза

- Размножение организмов – это воспроизведение себе подобных. Характерная черта живых организмов. При этом все клетки делятся. У многоклеточных деление обеспечивает рост, регенерацию, замену отслуживших клеток.

Клеточное деление у прокариот

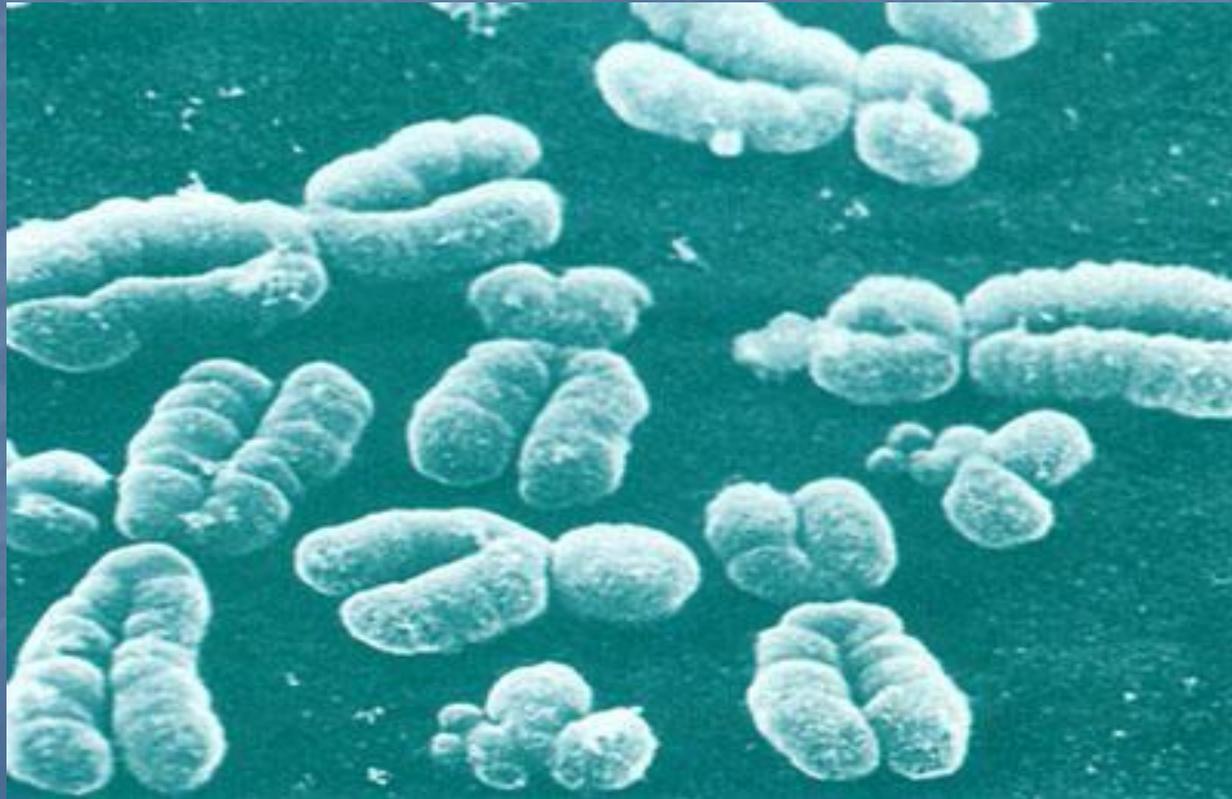
- Прокариоты содержат одну молекулу ДНК.
- Перед делением она реплицируется (удваивается).
- Когда клетка делится, клеточная мембрана вырастает между этими двумя молекулами ДНК, делится цитоплазма



Клеточное деление у эукариот

- Эукариотические клетки содержат много хромосом. Поэтому более сложным путем происходит клеточное деление. Этот процесс называется митозом.
- Митоз – основной способ деления соматических эукариотических клеток. Митозу предшествует удвоение хромосом. Удвоившаяся хромосома состоит из двух одинаковых половинок (хроматид), соединенных центромерой. Удвоение хромосом происходит в интерфазе. Между удвоением хромосом и началом митоза проходит некоторое время

- Хромосомы клетки человека непосредственно перед делением ядра (увеличение в 950 раз). Хорошо заметно, что пары хромосом всё ещё связаны между собой центромерами

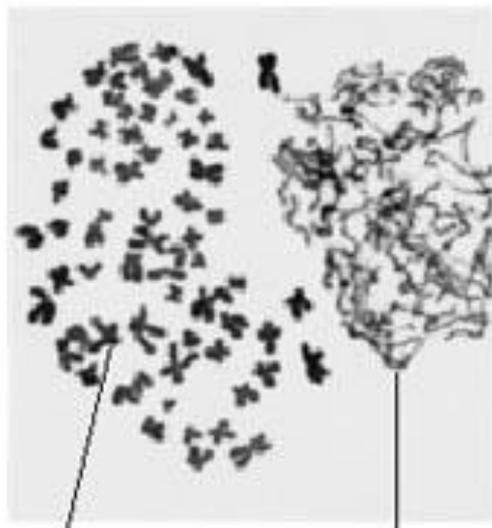


Строение метафазной хромосомы



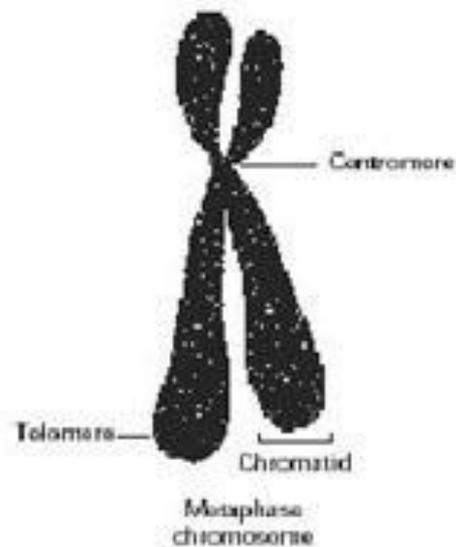
Рис. 2. Строение метафазной хромосомы.

Митотические хромосомы



Митотическая
пластинка

G₁

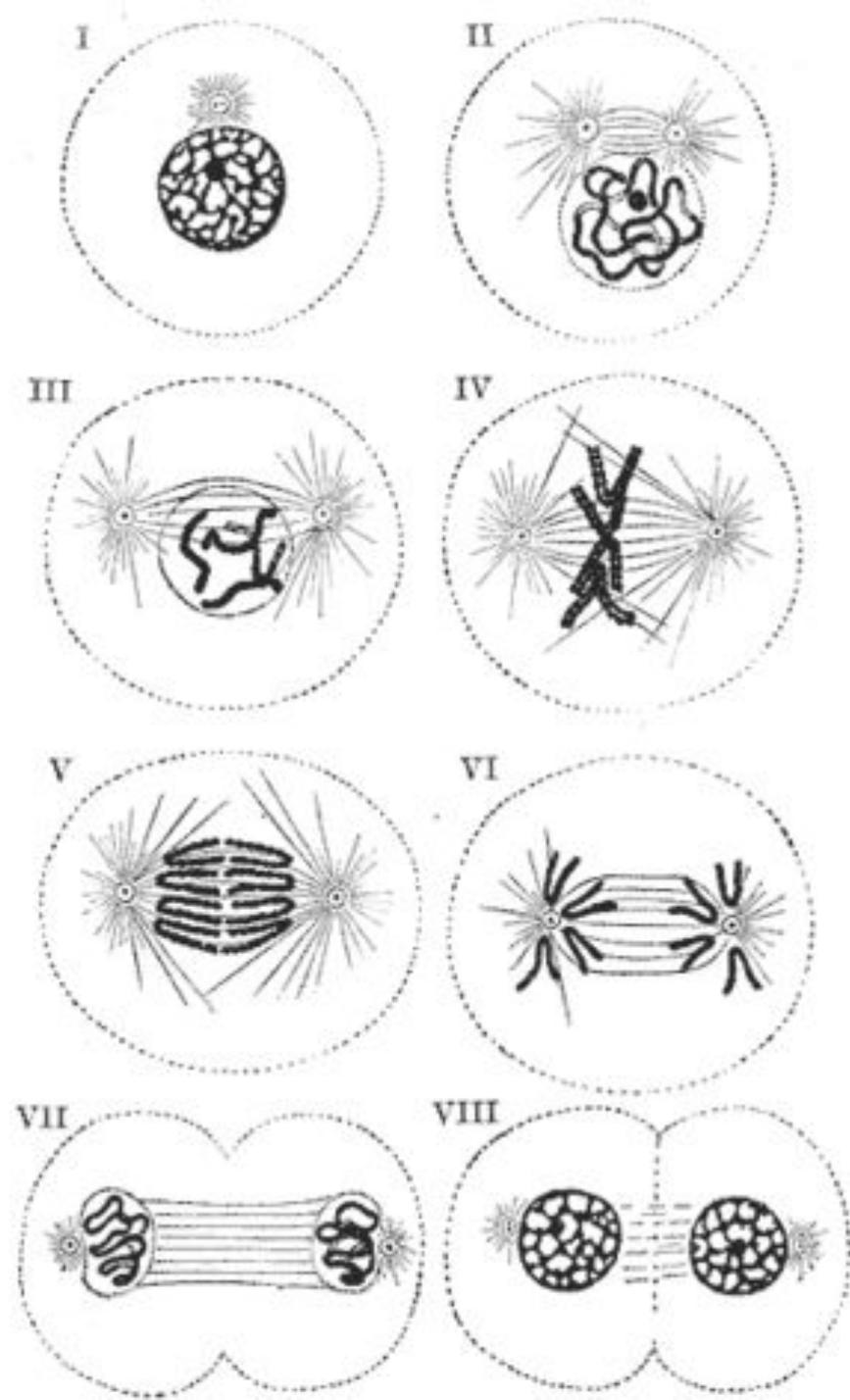


Митотическая хромосома
состоит из двух хроматид

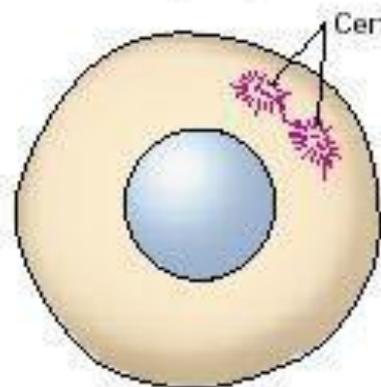
- Митоз (от греч. mitos - нить), кариокинез, непрямое деление клетки, наиболее распространённый способ воспроизведения (репродукции) клеток, обеспечивающий тождественное распределение генетического материала между дочерними клетками и преемственность хромосом в ряду клеточных поколений.
- Биологическое значение митоза определяется сочетанием в нём удвоения хромосом путём продольного расщепления их и равномерного распределения между дочерними клетками.
- Началу митоза предшествует период подготовки, включающий накопление энергии, синтез дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК) и репродукцию центриолей.
- Источником энергии служат богатые энергией, или так называемые макроэргические соединения.
- Митоз не сопровождается усилением дыхания, т. к. окислительные процессы происходят в интерфазе (наполнение "энергетического резервуара"). Периодическое наполнение и опустошение энергетического резервуара - основа энергетики митоза

- В **профазе** происходит конденсация хромосом, клеточный центр делится и продукты его деления расходятся к полюсам ядра, разрушается ядерная оболочка, образуется веретено деления.
- В **метафазе** хромосомы располагаются на «экваторе» (на равном расстоянии от «полюсов» ядра) в одной плоскости, образуя так называемую метафазную пластинку. Важно отметить, что они остаются в таком положении в течение довольно длительного времени. Обычно в связи с этим метафаза — наиболее удобное время для подсчета хромосомных чисел.
- В **анафазе** хромосомы делятся (соединение в районе центромеры разрушается) и расходятся к полюсам деления.
- В **телофазе** происходит разрушение веретена деления и образование ядерной оболочки вокруг дочерних ядер.

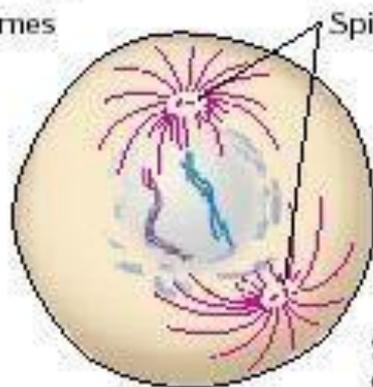
- Митоз. I—III — профаза;
- IV — метафаза;
- V—VI — анафаза;
- VII—VIII — телофаза.



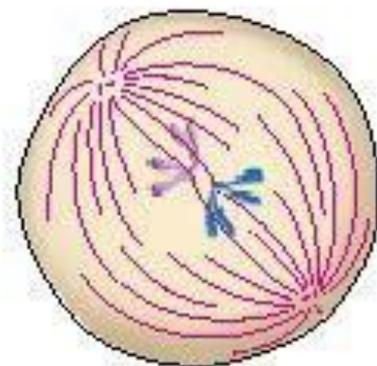
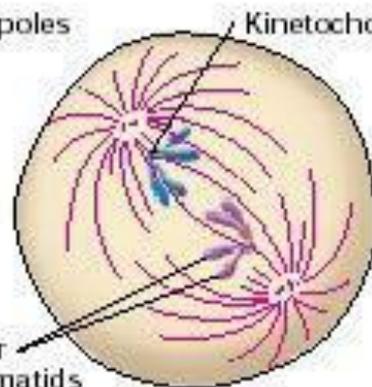
Интерфаза (G₂)



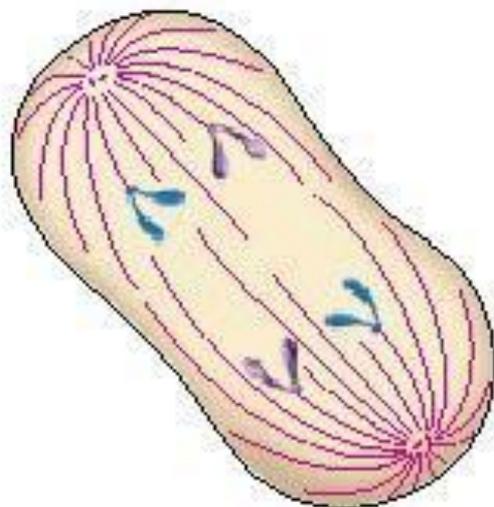
Профаза



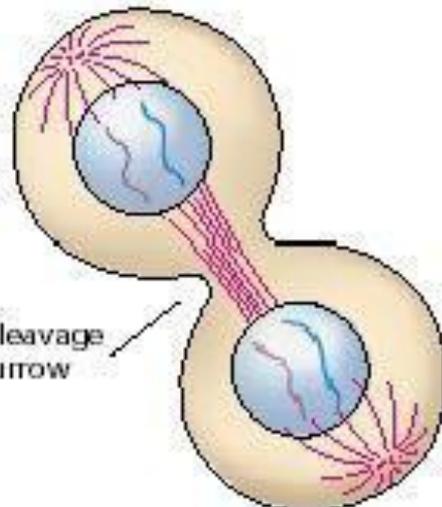
Метафаза



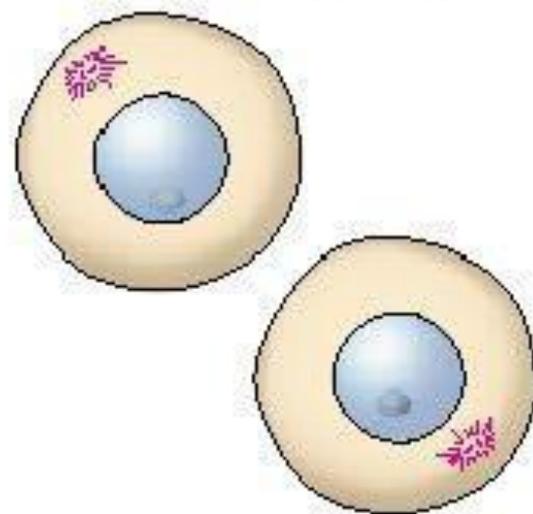
Анафаза



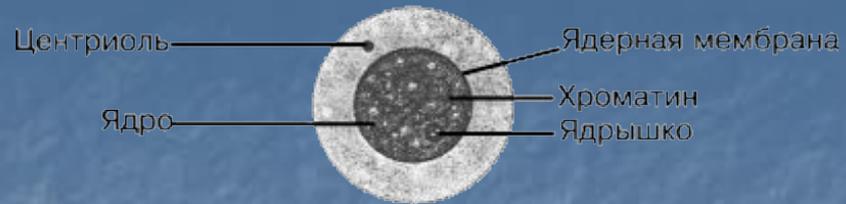
Телофаза



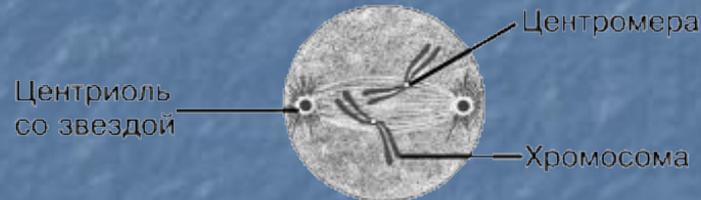
Интерфаза (G₂)



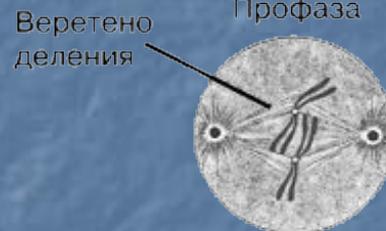
МИТОЗ В ТИПИЧНОЙ ЖИВОТНОЙ КЛЕТКЕ



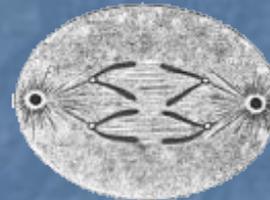
Интерфаза



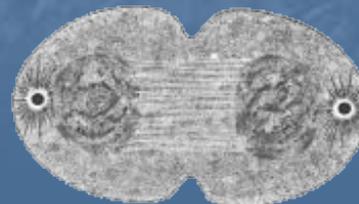
Профаза



Метафаза



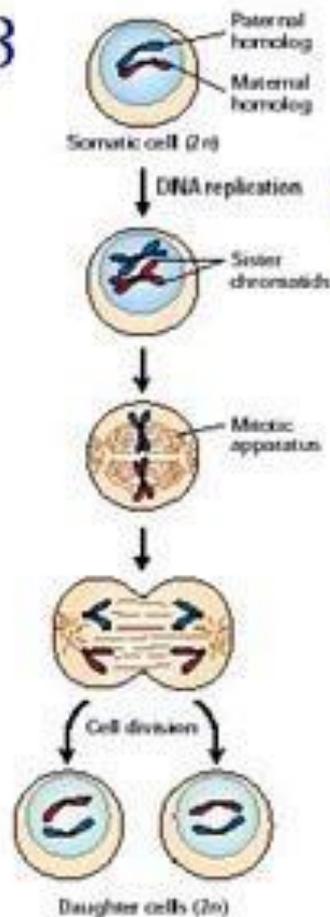
Анафаза



Телофаза

- Мейоз (от греч. *meiosis* - уменьшение), редукционное деление, деления созревания, способ деления клеток, в результате которого происходит уменьшение (редукция) числа хромосом в два раза и одна диплоидная клетка (содержащая два набора хромосом) после двух быстро следующих друг за другом делении даёт начало 4 гаплоидным (содержащим по одному набору хромосом). Восстановление диплоидного числа хромосом происходит в результате оплодотворения. М. - обязательное звено полового процесса и условие формирования половых клеток (гамет).
- Сложный процесс, так как включает два последовательных деления. Главное в мейозе то, что хромосомы удваиваются только один раз, тогда как клетка делится дважды, в результате чего происходит редукция числа хромосом и диплоидный набор превращается в гаплоидный.
- Особенность мейоза состоит в том, что при клеточном делении экваториальную пластинку образуют пары гомологичных хромосом, а не удвоенные индивидуальные хромосомы, как при митозе. Парные хромосомы, каждая из которых осталась одинарной, расходятся к противоположным полюсам клетки, клетка делится, и в результате дочерние клетки получают половинный, по

МИТОЗ

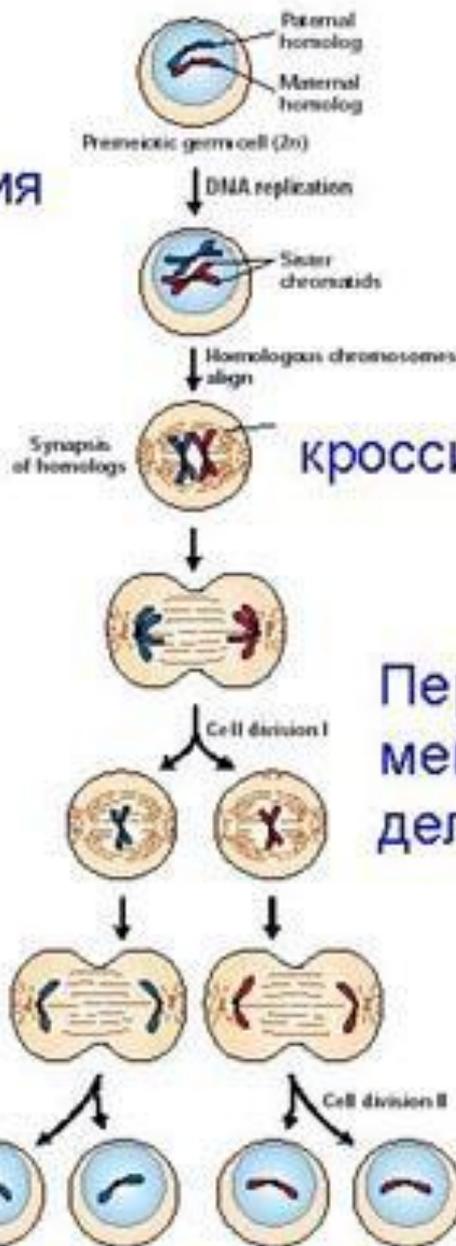


репликация
ДНК

Деление
клетки

Дочерние клетки
($2n$)

МЕЙОЗ



кроссинговер

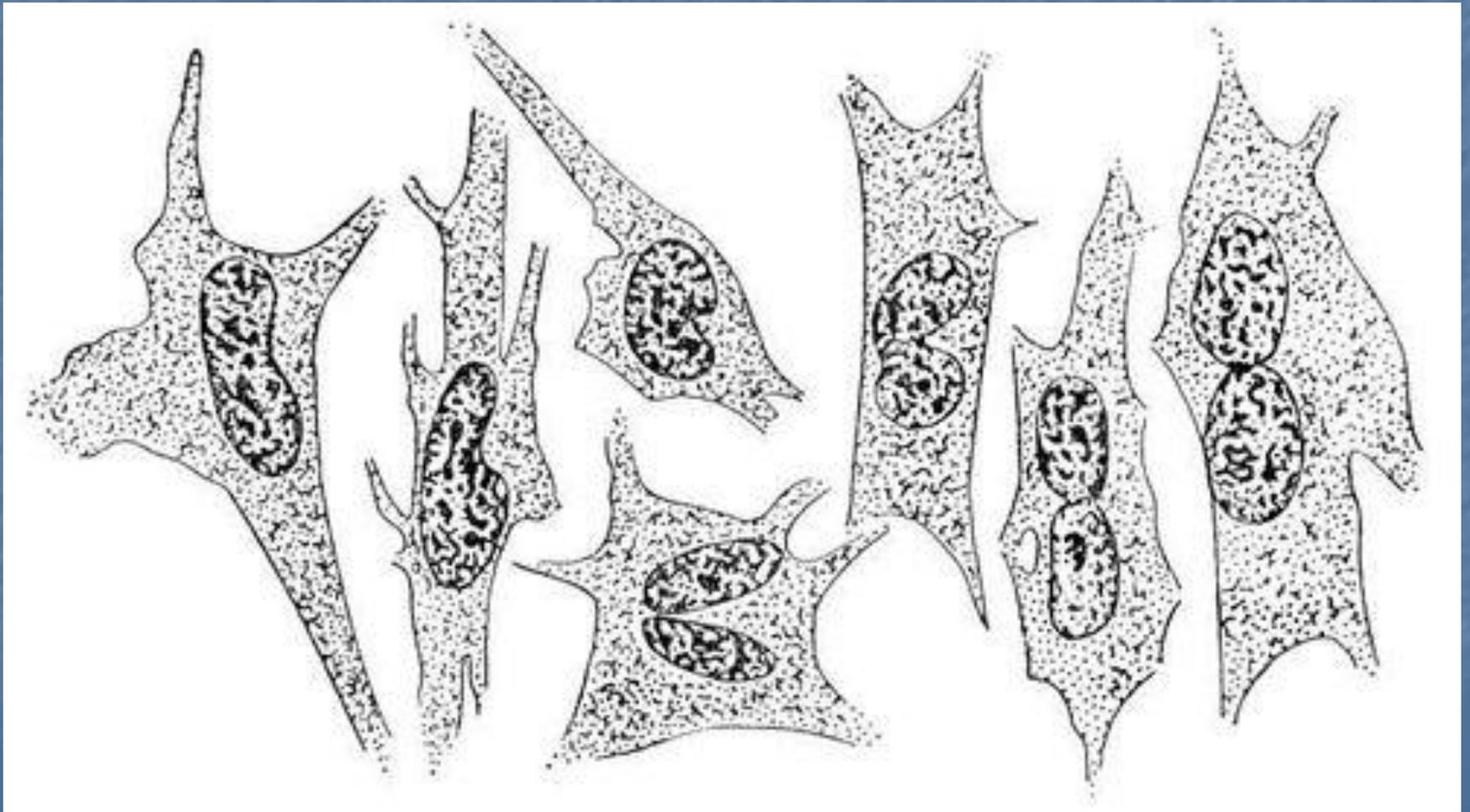
Первое
мейотическое
деление клетки

Второе
мейотическое
деление клетки

Гаметы ($1n$)

- Амитоз - относительно редкий и малоизученный способ деления клетки. Описан он для стареющих и патологически измененных клеток.
- При амитозе интерфазное ядро делится путем перетяжки, равномерное распределение наследственного материала не обеспечивается. Нередко ядро делится без последующего разделения цитоплазмы и образуются двухъядерные клетки. Клетка, претерпевшая амитоз, в дальнейшем не способна вступать в нормальный митотический цикл. Поэтому амитоз встречается, как правило, в клетках и тканях, обреченных на гибель, например, в клетках зародышевых оболочек млекопитающих, в клетках опухолей

АМИТОЗ



Партеногенез

- **Партеногенез** — девственное размножение, одна из форм полового размножения организмов, при которой женские половые клетки (яйцеклетки) развиваются без оплодотворения.
- **Партеногенез** — половое размножение — возник в процессе эволюции организмов у раздельнополых форм.
- Характерен для пчел и дафний



Различия в строении клеток прокариот, растений и животных

- **Прокариоты** (лат. "про" - перед и греч. "карион" - ядро) - это древнейшие организмы, не имеющие оформленного ядра. Наследственная информация у них передается через молекулу ДНК, которая образует нуклеотид.
- В цитоплазме прокариотической клетки нет многих органоидов, которые имеются у эукариотической клетки (нет митохондрий, эндоплазматической сети, комплекса Гольджи и т.д.; функцию этих органов выполняют ограниченные мембранами полости). В прокариотической клетке имеются рибосомы.
- Большинство прокариот имеет размер 1-5 мкм. Размножаются они путем деления без выраженного полового процесса. Прокариоты обычно выделяют в надцарство. К ним относят бактерии и сине-зеленые водоросли (цианеи, или цианобактерии).

Строение прокариотической клетки

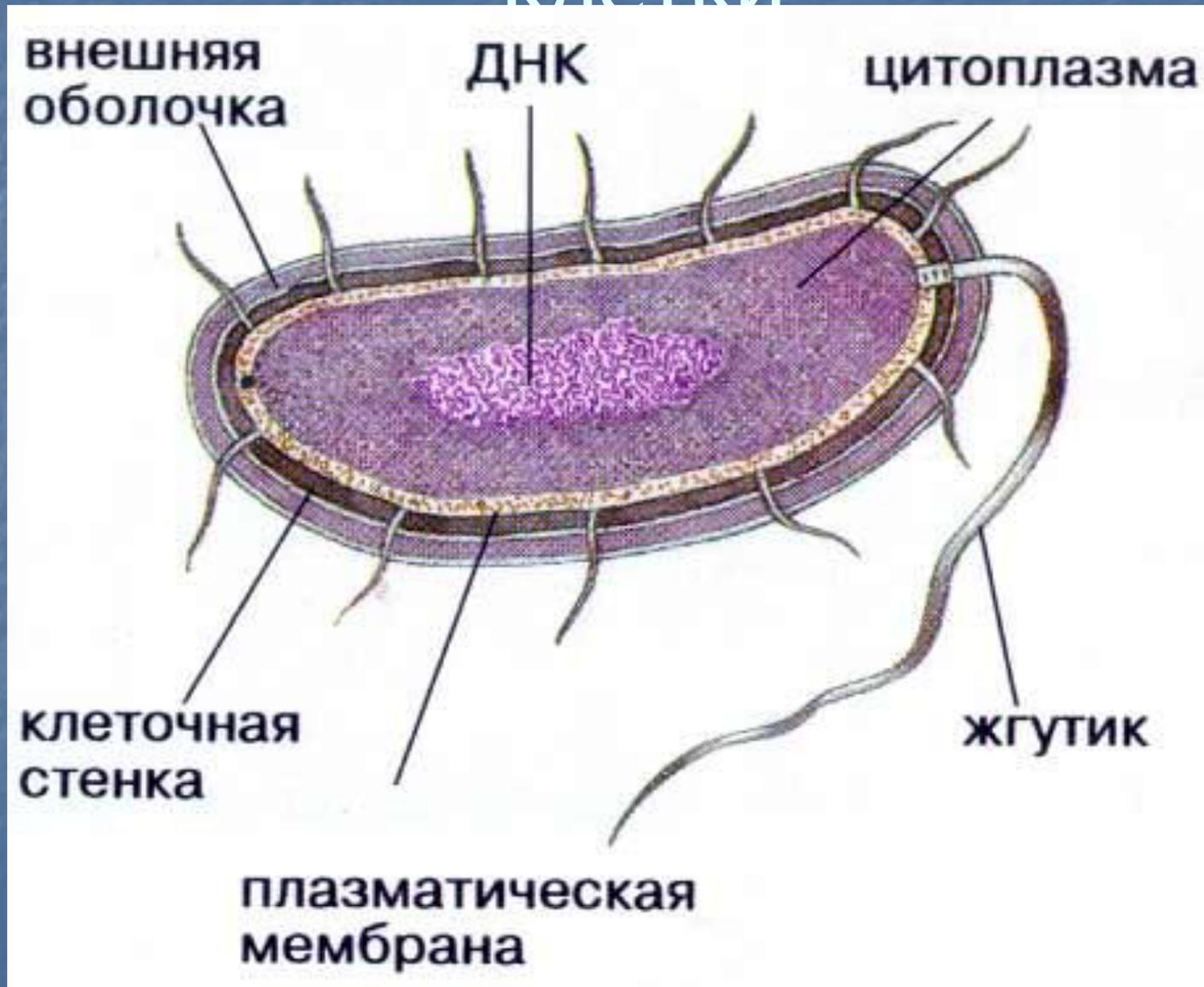


Схема строения растительной клетки

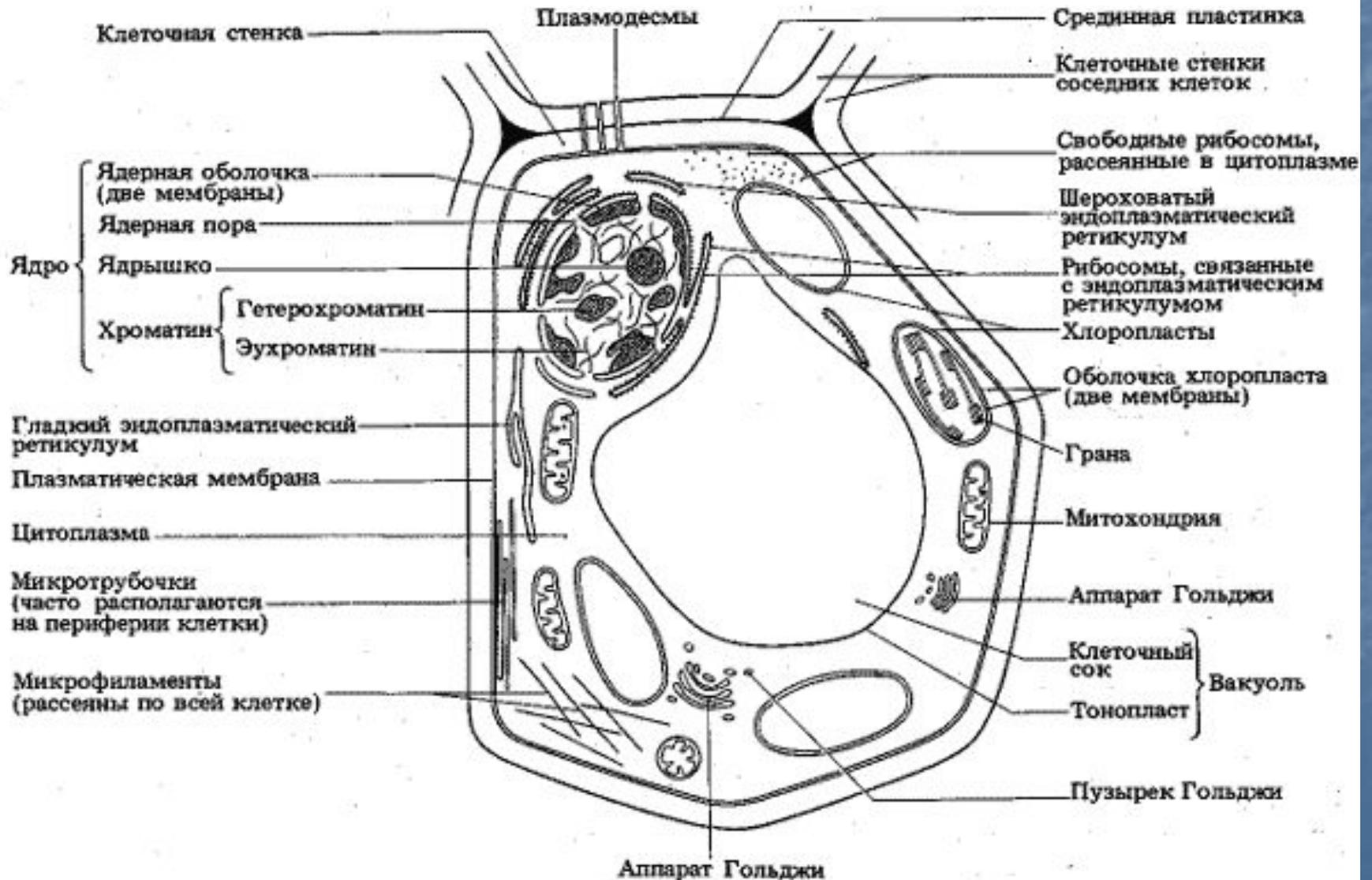


Схема строения животной клетки

