

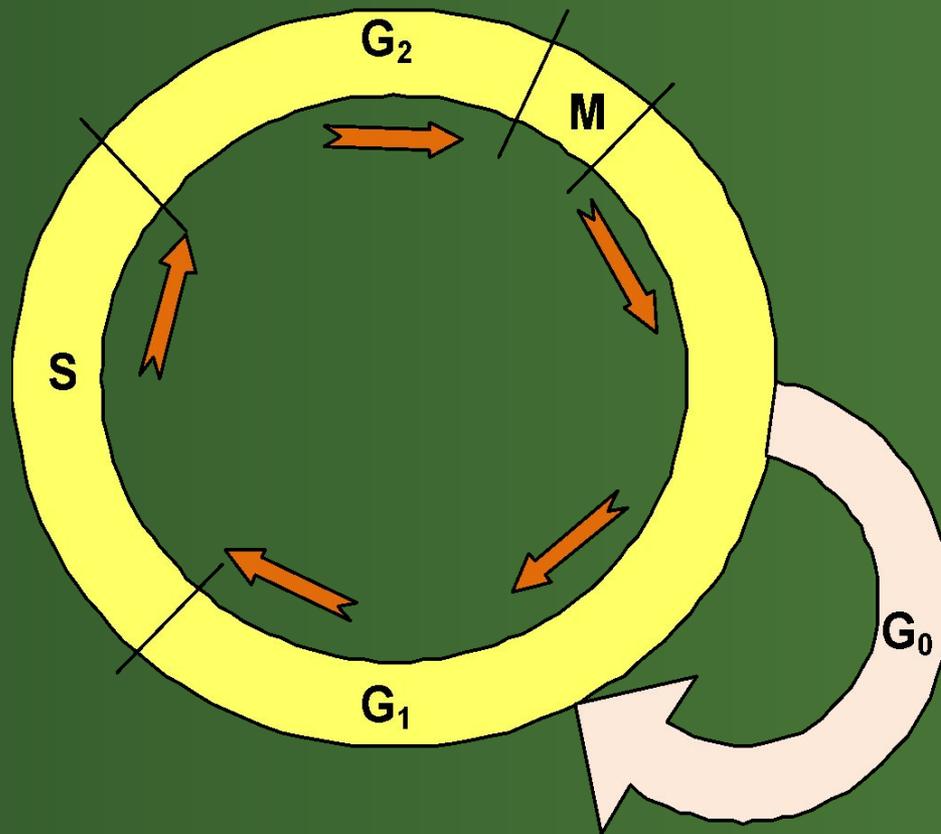


Механизмы репродукции клеток

Клетки размножаются путем деления исходной клетки

- **Клеточный цикл** – период от образования клетки из материнской до очередного деления или смерти
- Основной механизм деления эукариотической клетки – **МИТОЗ**
- **Митотический цикл** – часть клеточного цикла, в процессе которого осуществляется подготовка к делению и само деление клетки

Клеточный цикл



Интерфаза:

G₁ – пресинтетический период

S – синтетический период

G₂ – постсинтетический период

M – митоз и цитокinesis

G₀ – период покоя или выполнения специфических функций

Характеристика этапов интерфазы – фаза G_1

- Фаза G_1 – наступает сразу после митоза
- Характеризуется возобновлением интенсивных процессов биосинтеза
- В данной фазе у большинства клеток существует критическая точка – т.н. точка рестрикции, после прохождения которой клетка должна пройти все последующие этапы клеточного цикла

Характеристика этапов интерфазы – S фаза

- Фаза S – следует за фазой G_1
- Характеризуется репликацией (удвоением) ДНК
- Начинается с появления вещества – активатора S-фазы, который присутствует, пока не завершится репликация всей ДНК
- Длительность в типичной эукариотической клетке – около 8 часов
- Скорость репликации – около 50 нуклеотидов в секунду (у прокариот – 500/сек)

Характеристика этапов интерфазы – S фаза

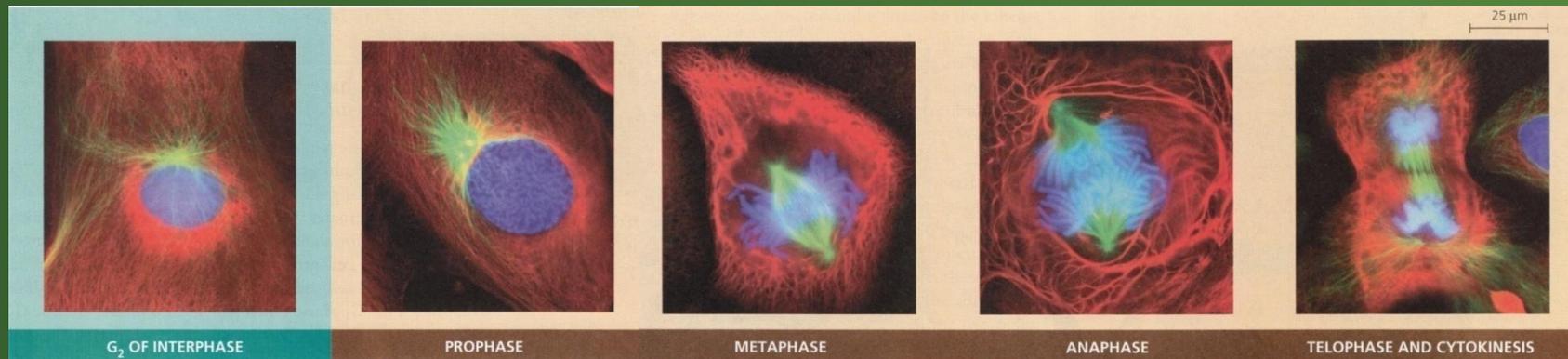
- Репликация начинается с участка ДНК, т.н. сайта начала репликации, с формированием пары противоположно направленных Y-образных репликационных вилок, движущихся навстречу друг другу
- У эукариот имеется множество сайтов начала репликации, находящихся на расстоянии 30-300 тысяч нуклеотидных пар
- Только для S-фазы характерен синтез гистонов – белков, необходимых для упаковки ДНК

Характеристика этапов интерфазы – фаза G_2

- Фаза G_2 – наступает после S-фазы и является периодом подготовки к митозу
- Характеризуется синтезом белков, необходимых для деления, в частности тубулина, образующего веретено деления
- Переход к митозу начинается при появлении М-стимулирующего фактора
- Формула, выражающая количество наследственного материала в фазу (после завершения S-фазы)
 $2n2c \rightarrow 2n4c$

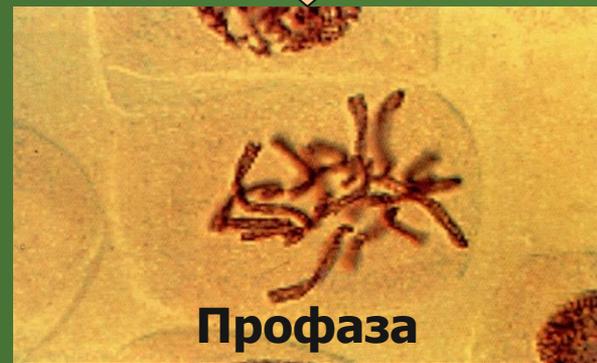
МИТОЗ

- **Митоз** включает несколько стадий, которые осуществляются в строгой последовательности:
- Профаза
- Метафаза
- Анафаза
- Телофаза
- Цитокинез



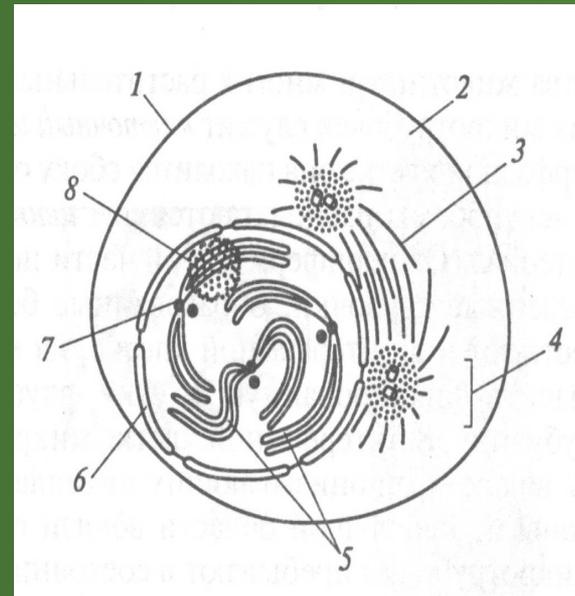
Характеристика профазы

- Наблюдается постепенная конденсация хроматина ядра
- Появление отчетливо видимых хромосом, состоящих из двух сестринских хроматид
- Дезинтеграция ядрышка
- Формирование веретена деления в цитоплазме



Профаза митоза

- 1 – плазматическая мембрана
- 2 – цитоплазма
- 3 – образующееся веретено
- 4 – полюс веретена
- 5 – конденсирующиеся хромосомы
- 6 – ядерная оболочка
- 7 – центромера
- 8 – распадающееся ядрышко

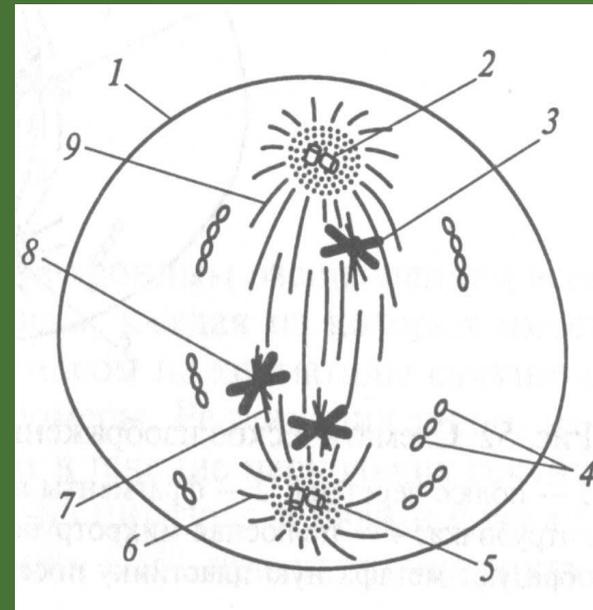


Переход от профазе к метафазе - прометафаза

- Начинается с распада ядерной оболочки на фрагменты (*у некоторых организмов ядерная оболочка может сохраняться*)
- Микротрубочки веретена смещаются в центральную часть клетки и прикрепляются к кинетохору хромосом (*кинетохор – белковый комплекс на центромерах хромосом*)
- Микротрубочки начинают перемещать хромосомы в плоскость экватора

Прометафаза митоза

- 1 – плазматическая мембрана
- 2, 5 – полюсы веретена
- 3 – хромосомы
- 4 – фрагменты ядерной оболочки
- 6 – астральная микротрубочка
- 7 – кинетохорные микротрубочки
- 8 – кинетохоры
- 9 – полюсная микротрубочка



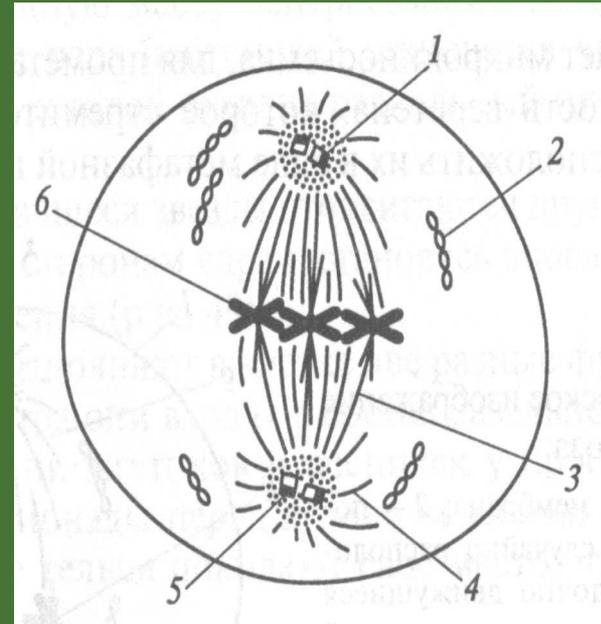
Характеристика метафазы

- Сестринские хроматиды прикрепляются своими кинетохорами к противоположным полюсам веретена
- Все хромосомы выстроены в экваториальной плоскости, образуя метафазную пластинку



Метафаза митоза

- 1, 5 – полюсы веретена
- 2 – фрагменты ядерной оболочки
- 3 – кинетохорная микротрубочка
- 4 – полюсная микротрубочка
- 6 – метафазная хромосомная пластинка



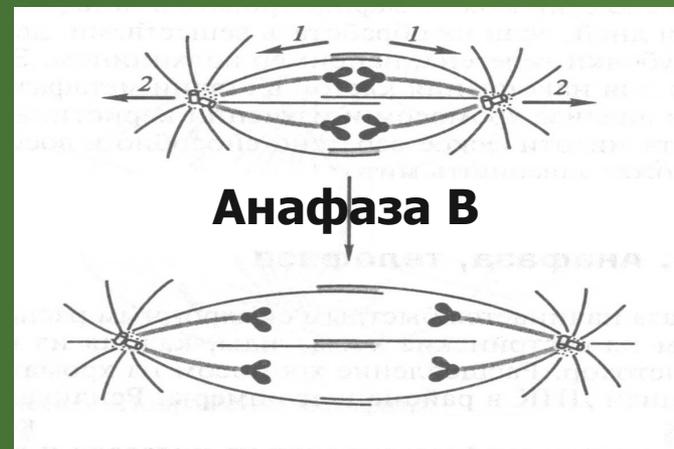
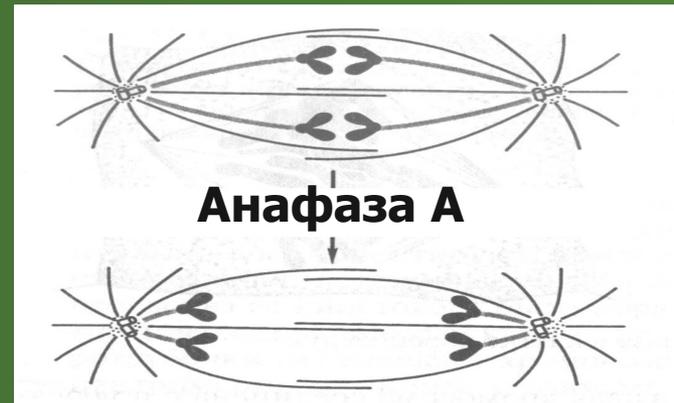
Характеристика анафазы

- Начинается быстрым синхронным расщеплением всех хромосом на сестринские хроматиды
- Расщепление хромосом на хроматиды связано репликацией ДНК в районе центромеры
- Сестринские хроматиды движутся к полюсам
- Сигналом к началу анафазы является повышение концентрации ионов Ca^{2+}



Анафаза митоза

- **Анафаза А** – перемещение хроматид к полюсам вследствие укорочения кинетохорных микротрубочек
- **Анафаза В** – удаление самих полюсов друг от друга
 - 1 – раздвигающая сила возникает между микротрубочками от противоположных полюсов, расталкивая их
 - 2 – тянущая сила действует непосредственно на полюса, растаскивая их



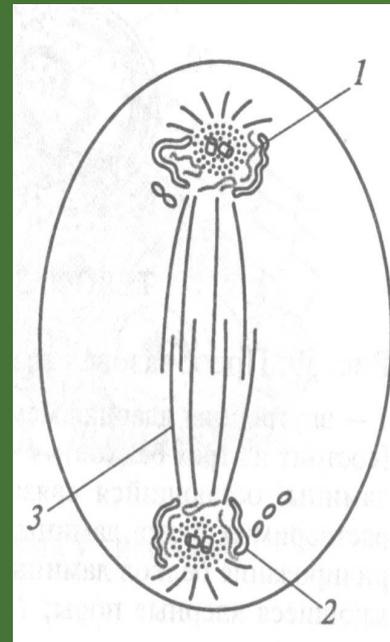
Характеристика телофазы

- Вокруг каждой группы хромосом образуется ядерная оболочка и формируются два дочерних ядра
- Происходит деконденсация хроматина – он переходит в интерфазное состояние
- Возобновляется синтез РНК
- Появляется ядрышко
- Начинается сборка рибосом



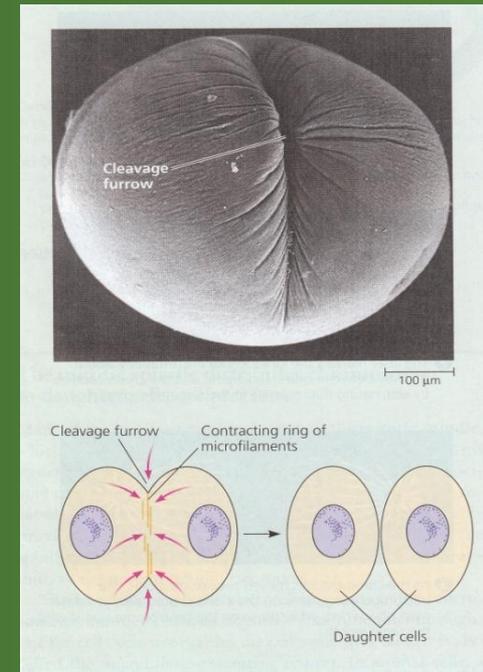
Телофаза митоза

- 1 – деконденсирующиеся хроматиды
- 2 – образующаяся ядерная оболочка
- 3 - полюсная микротрубочка



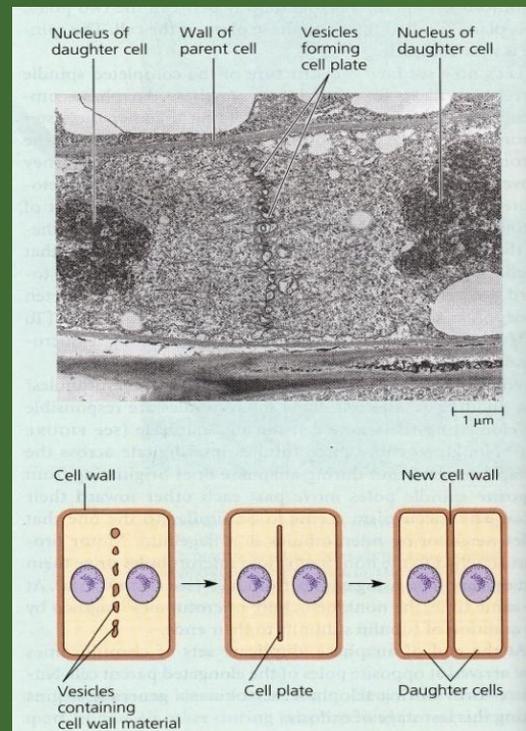
Характеристика цитокинеза

- **Цитокинез** – деление цитоплазмы
- Начиная с анафазы под прямым углом к длинной оси митотического веретена в плоскости экватора появляется борозда деления
- Образование борозды обусловлено активностью сократимого кольца под мембраной клетки, состоящего из актиновых филаментов



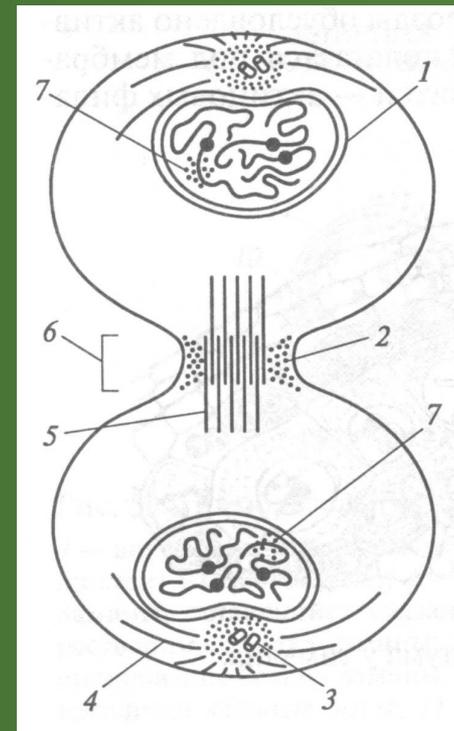
Характеристика цитокинеза

- В растительных клетках цитоплазма разделяется путем образования новой стенки на границе между дочерними клетками



Цитокинез

- 1 – ядерная оболочка вокруг деконденсирующихся хромосом
- 2 – сократимое кольцо, образующее борозду деления
- 3 – центриоли
- 4 – интерфазные микротрубочки
- 5 – остатки полюсных микротрубочек
- 6 – остаточное тельце (область перекрывания микротрубочек)
- 7 – вновь образующееся ядрышко



Мейоз

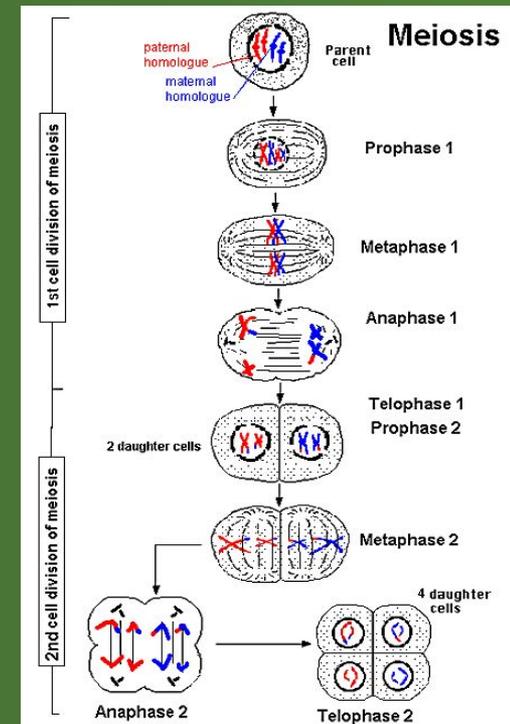
- **Мейоз** или редукционное деление – специальный тип деления дифференцирующихся половых клеток или спор, в результате которого исходная диплоидная клетка с числом хромосом $2n$ дает четыре гаплоидных клетки

Типы мейоза

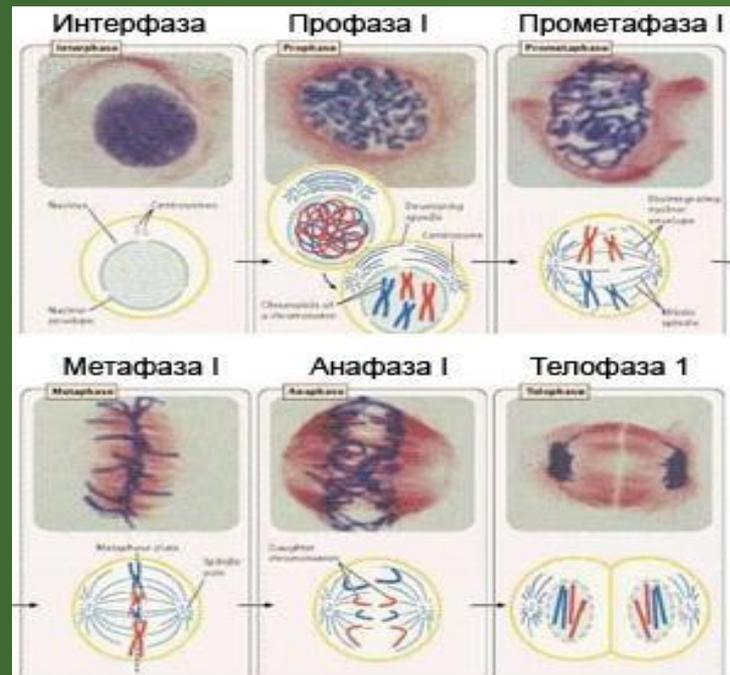
- **Зиготный тип** мейоза встречается у некоторых водорослей и грибов; в цикле этих организмов преобладает гаплоидная фаза; диплоидна только зигота, которая после образования сразу же редуционно делится
- **Промежуточный или споровый тип** мейоза – характерен для цветковых растений при образовании спор, вклиниваясь между стадиями диплоидного спорофита и гаплоидного гаметофита
- **Гаметный или терминальный тип** характерен для многоклеточных животных, включая человека, простейших и низших растений; редуционное деление происходит при образовании половых клеток; гаплоидны только половые клетки, которые сливаясь при оплодотворении, дают диплоидную зиготу, развивающуюся в новый организм

Периодизация мейоза

- Мейоз состоит из двух последовательных делений:
- - **первое деление – редукционное** – приводит к образованию из диплоидных клеток гаплоидных
 $2n4c \rightarrow 1n2c$
- - **второе деление – эквационное** – приводит к образованию дочерних клеток с числом хромосом, равным родительской
 $1n2c \rightarrow 1n1c$
- - каждое из делений подразделяется на четыре стадии: **профаза I, метафаза I, анафаза I, телофаза I** и **профаза II, метафаза II, анафаза II, телофаза II**



Первое деление мейоза



Основные события, отличающие мейоз от митоза, происходят в *профазе I*

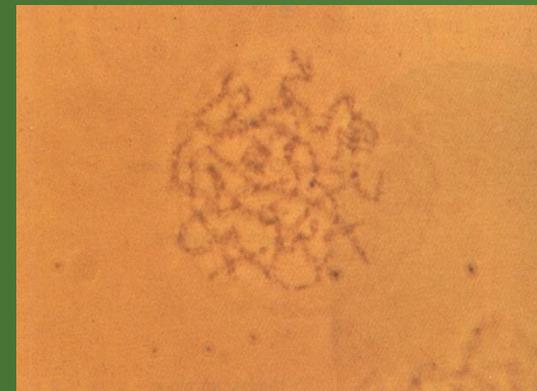
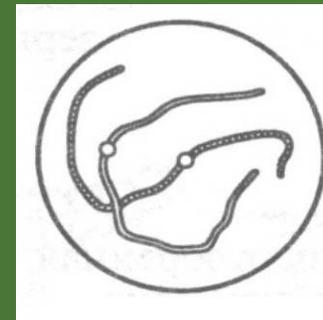
Профаза I мейоза

- Профаза I – самая продолжительная стадия мейоза – от нескольких часов до нескольких суток, а иногда – лет
- Подразделяется на 5 стадий:
 - Лептотена
 - Зиготена
 - Пахитена
 - Диплотена
 - Диакинез



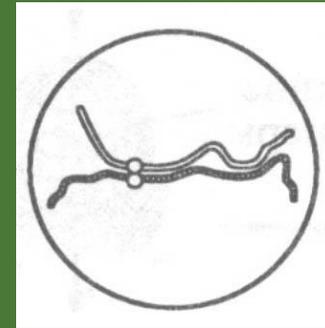
Лептотена

- *Leptos* – тонкий, *thema* – нить
- Начинается конденсация хроматина
- Ядро увеличивается в объеме, появляются четко видимые хроматиновые нити с нерегулярно расположенными узелками – хромомерами
- Сестринские хроматиды неразличимы



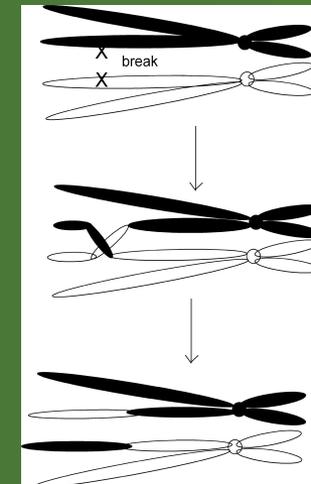
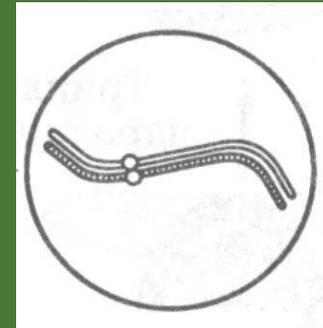
Зиготена

- *Zygote* – соединенный в пару
- Стадия конъюгации гомологичных хромосом, которые объединяются между собой с помощью синаптонемного комплекса
- Каждая пара хромосом в результате конъюгации образует единый комплекс – **бивалент**
- Каждый бивалент включает **четыре** хроматиды, число бивалентов равно гаплоидному числу хромосом (n)



Пахитена

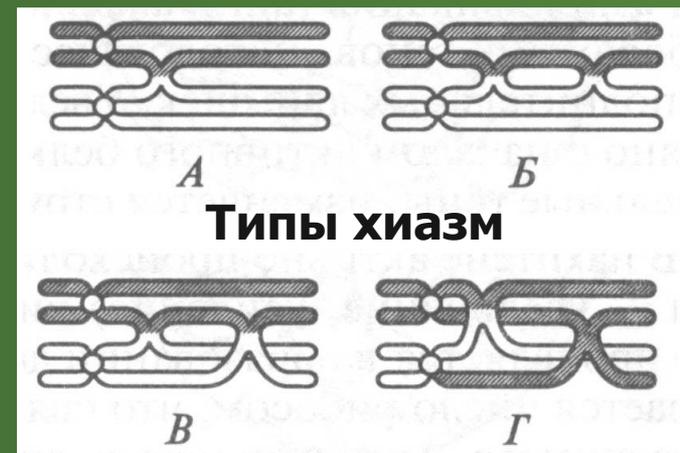
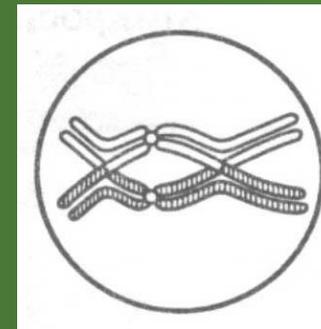
- *Pachys* – толстый
- Завершается конъюгация хромосом – они представлены бивалентами, которые утолщены вдвое
- Происходит **кроссинговер** – обмен участками гомологичных хромосом, и, как следствие, рекомбинация генов
- Синтезируются рестриктазы, лигазы



Диплотена

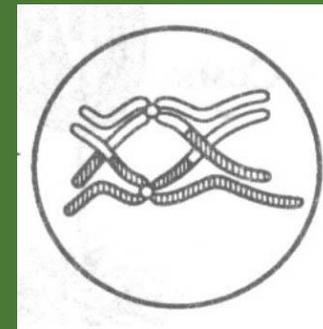
- *Diploos* – двойной
- Начинается разрушение синаптонемного комплекса и отталкивание гомологичных хромосом
- У гомологичных хромосом остается несколько зон контакта – **хиазмы**
- Наличие хиазм – показатель завершившегося кроссинговера
- Типы хиазм:

А – одиночная; *Б* – связывающие пару хроматид; *В* – связывающие три хроматиды; *Г* – связывающие все четыре хроматиды

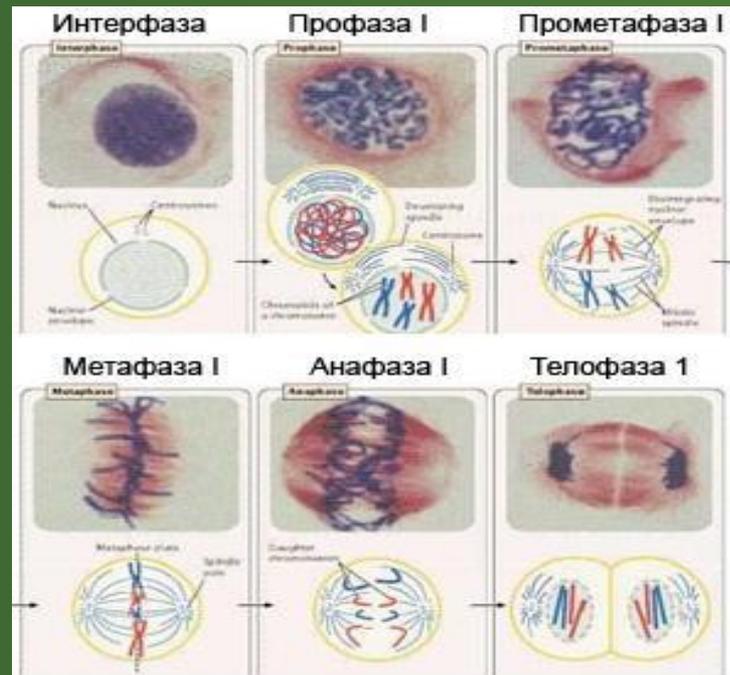


Диакинез

- *Dia* – через, *kinesis* – движение
- Максимально укороченные и утолщенные хромосомы перемещаются к внутренней поверхности ядерной оболочки
- Хиазмы сдвигаются к концам хромосом – терминализация хиазм
- Биваленты принимают причудливую форму колец, крестов, восьмерок
- Ядрышко растворяется и ядерная оболочка распадается

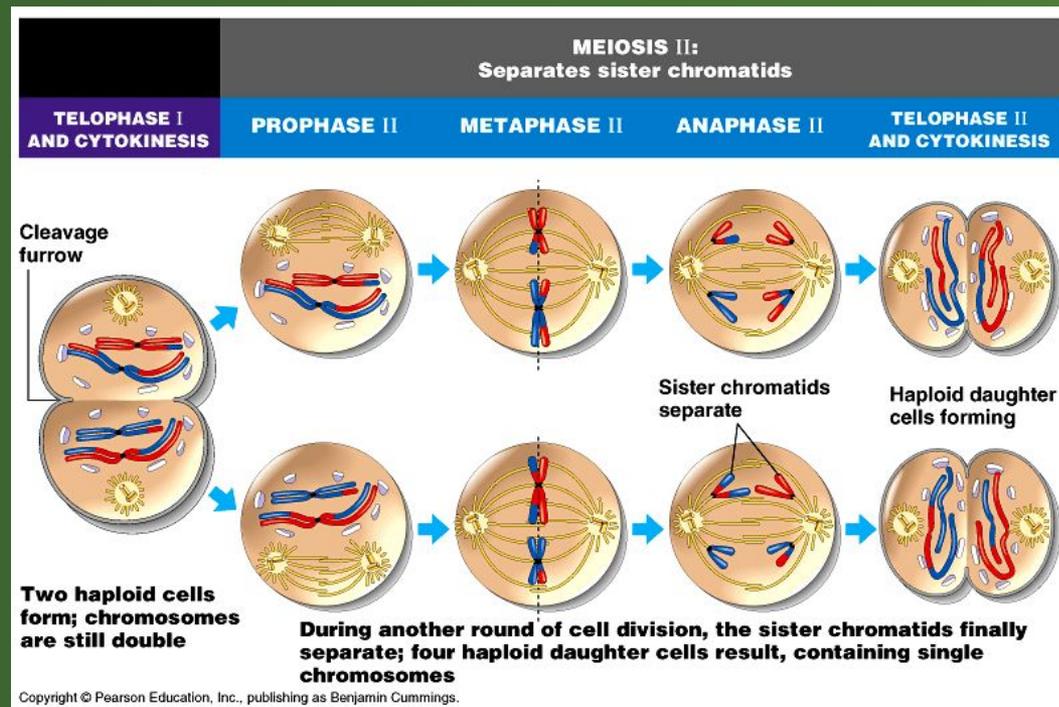


Первое деление мейоза



$2n4c \rightarrow 1n2c$

Второе деление мейоза



$1n2c \rightarrow 1n1c$

- Мейоз – обязательное звено в жизненном цикле эукариот, размножающихся половым путем
- Он обеспечивает постоянство числа хромосом вида, так как образующиеся в результате мейоза гаметы несут гаплоидный набор хромосом, а диплоидное число хромосом восстанавливается при оплодотворении
- В процессе мейоза происходит генетическая рекомбинация, условие осуществления которой – конъюгация хромосом и кроссинговер