

Санкт-Петербургское государственное бюджетное  
профессиональное образовательное учреждение  
«Фельдшерский колледж»

# Деление клетки

ПРЕЗЕНТАЦИЮ ПОДГОТОВИЛИ  
ПРЕПОДАВАТЕЛИ БИОЛОГИИ:

Б.

КУЗНЕЦОВА Н.

В.

КУЗНЕЦКАЯ О.

В.

РОДИОНОВА А.

ЯШИНА Д.А.

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ, 2022 ГОД.

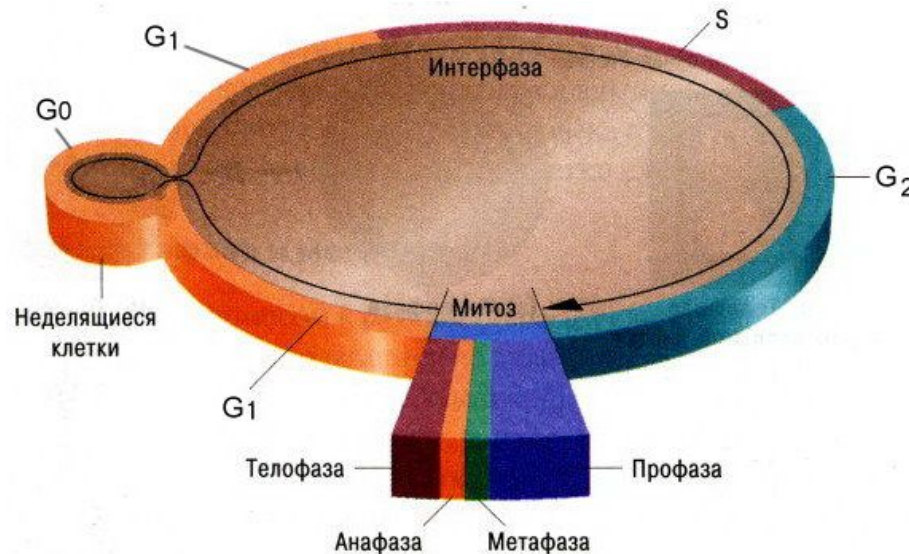
# План лекции:

- 1. Клеточный цикл
- 2. Подготовка клетки к делению.
- 3. Митоз.
- 4. Амитоз.
- 5. Мейоз.

## Жизненный цикл клетки. Интерфаза

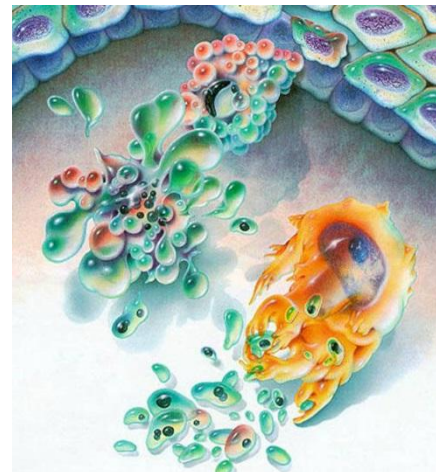
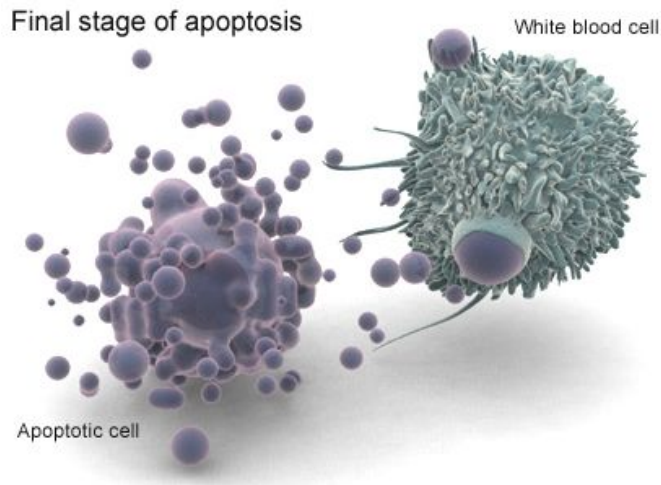
Согласно клеточной теории, возникновение новых клеток происходит только путем деления предыдущей, материнской клетки. Естественно, что у подавляющего большинства клеток перед делением происходит удвоение генетического материала, т. е. ДНК.

*Жизнь клетки от момента ее появления в процессе деления материнской клетки и до ее собственного деления, включая это деление, или гибели получила название клеточного, или жизненного, цикла.* В течение этого цикла клетка растет, выполняет свои функции в организме (этот процесс называется *дифференцировкой* клетки), затем или делится, образуя новые клетки, или погибает.

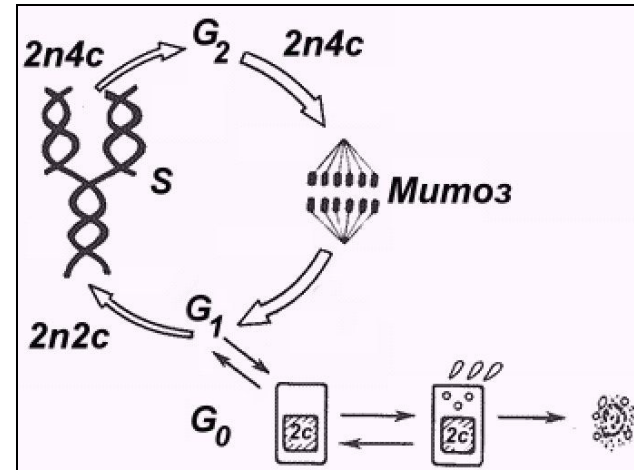
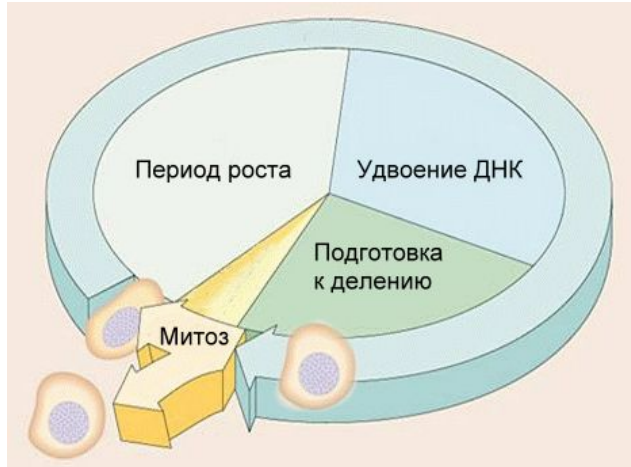


## Жизненный цикл клетки. Интерфаза

У простейших деление клетки — основной способ размножения. Амеба, например, не подвергается естественной смерти, и вместо гибели она просто делится на две новые клетки. Понятно, что клетки многоклеточного организма не могут делиться бесконечно, иначе все существа, и люди в том числе, стали бы бессмертными. Этого не происходит потому, что ДНК клетки содержит особые «гены смерти», которые рано или поздно активируются. Это приводит к синтезу особых белков, которые убивают эту клетку: она сжимается, ее органоиды и мембраны разрушаются, но таким образом, чтобы их части можно было использовать вторично. *Такая «запрограммированная» клеточная смерть называется апоптозом.*



# Жизненный цикл клетки. Интерфаза

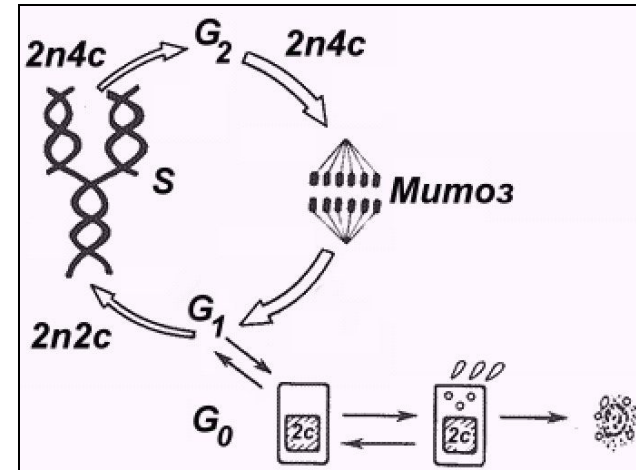
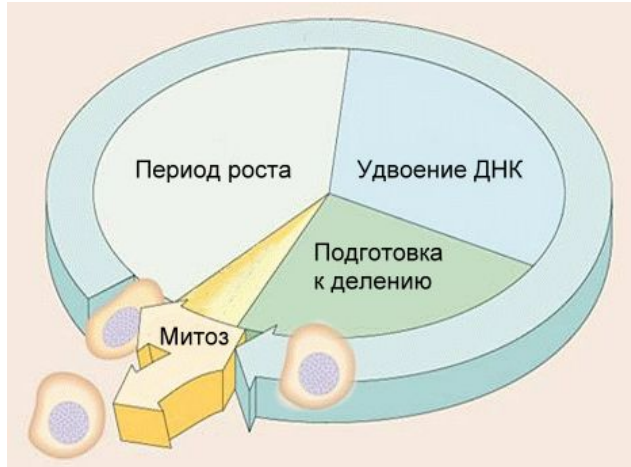


**Митотический цикл** включает в себя подготовку клетки к процессу деления и само деление. В **жизненный цикл** входят длинные или короткие периоды покоя  $G_0$ , когда клетка выполняет свои функции в организме. После каждого из таких периодов клетка должна перейти либо к митотическому циклу, либо к апоптозу.

**Интерфаза**. Период между делениями получил название **интерфазы**. Интерфаза состоит из трех периодов. **Пресинтетический период ( $G_1$ )** — наиболее продолжительная часть интерфазы, период роста.

Он может продолжаться у различных видов клеток от 2—3 ч до нескольких суток. Этот период следует сразу же за предшествующим делением, во время него клетка растет, накапливая энергию и вещества для последующего удвоения ДНК. **Набор хромосом и ДНК  $2n2c$** , где  $n$  — количество хромосом,  $c$  — количество ДНК.

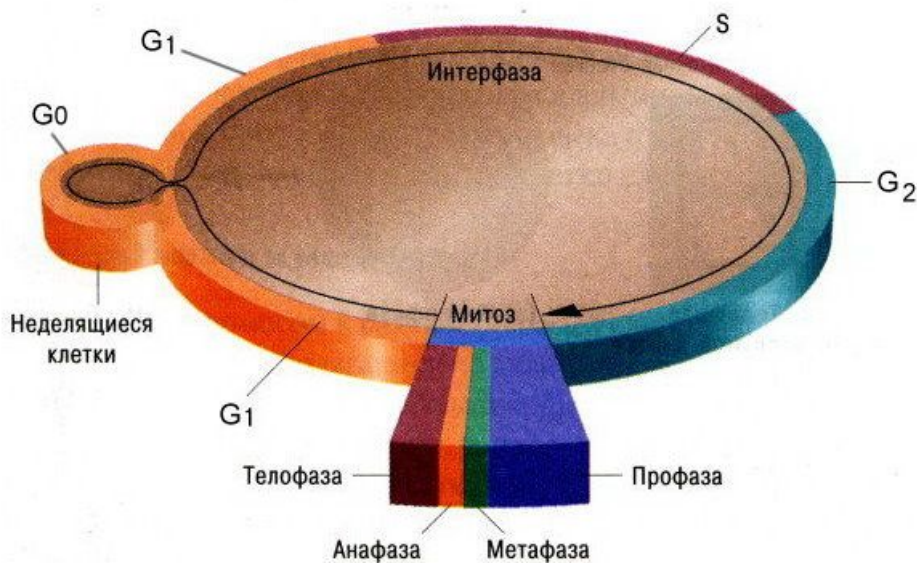
## Жизненный цикл клетки. Интерфаза



У большинства клеток многоклеточного организма клетки G<sub>1</sub> включает **G<sub>0</sub> период**, когда выросшая клетка или находится в состоянии покоя, или дифференцируется, превращается, например, в клетку печени и функционирует как клетка печени, а затем отмирает.

**Синтетический период (S)**, который обычно длится 6—10 ч, включает в себя удвоение ДНК, белков, необходимых для формирования хромосом, а также увеличение количества РНК. К концу этого периода каждая хромосома уже состоит из двух идентичных молекул ДНК, двух хроматид, соединенных друг с другом в области центромеры. В этот же период удваиваются центриоли. **В конце S-периода набор хромосом и ДНК 2n4c.**

# Жизненный цикл клетки. Интерфаза



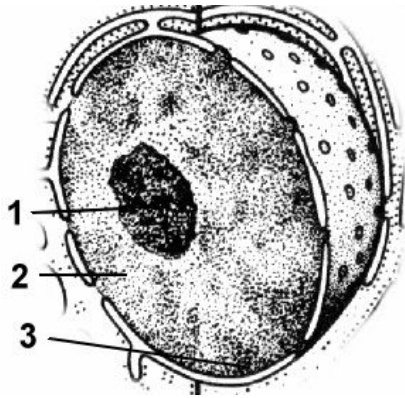
Интерфаза			Митоз
G1	S	G2	М
5	7	3	1
Часы			

Про	Мет	Ана	Тел
36	3	3	18
Минуты			

**Постсинтетический период (G<sub>2</sub>)** наступает после удвоения хромосом. Он длится 2—5 ч; за это время накапливается энергия для предстоящего митоза и синтезируются белки микротрубочек, которые впоследствии образуют веретено деления. Теперь клетка может приступить к митозу. **Набор хромосом и ДНК остается 2n4c.**

## Организация генетического материала

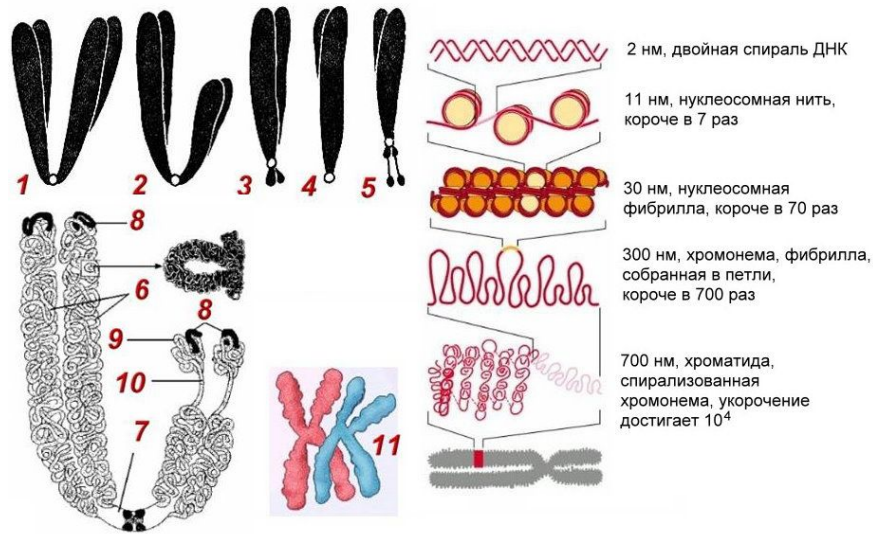


**Хроматин** – внутренние нуклеопротеидные структуры ядра, окрашивающиеся некоторыми красителями и отличающиеся по форме от ядрышка. Хроматин имеет вид глыбок, гранул и нитей. Химический состав хроматина: ДНК (30-45%), гистоновые белки (30-50%), негистоновые белки (4-33%), т.о. хроматин является дезоксирибонуклеопротеидным комплексом (ДНП).

В зависимости от функционального состояния хроматина различают: **гетерохроматин** и **эухроматин**. Эухроматин – генетически активные, гетерохроматин – генетически неактивные участки хроматина. Эухроматин при световой микроскопии не различим, слабо окрашивается и представляет собой деконденсированные (деспирализованные, раскрученные) участки хроматина. Гетерохроматин под световым микроскопом имеет вид глыбок или гранул, интенсивно окрашивается и представляет собой конденсированные (спирализованные, уплотненные) участки хроматина. **Хроматин – форма существования**



# Организация генетического материала



1 – равноплечая (метацентрическая) хромосома; 2 – неравноплечая (субметацентрическая) хромосома; 3 – резко неравноплечая (ацентрическая) хромосома; 4 – одноплечая (телоцентрическая) хромосома; 5 – спутничная хромосома; 6 – хроматиды; 7 – центромера; 8 – теломеры; 9 – спутники; 10 – ядрышковые организаторы; 11 – гомологичные хромосомы.

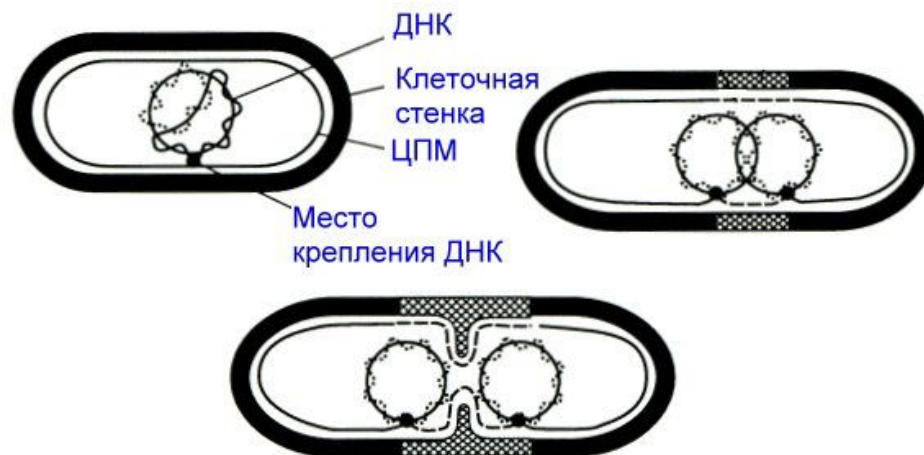
Хромосомы – органоиды ядра, представляющие собой конденсированный хроматин и появляющиеся в клетке во время митоза или мейоза. Химический состав хромосом такой же, как у хроматина: ДНК до 40%, белки до 60%.

Основу хроматиды составляет одна непрерывная двухцепочечная молекула ДНК, длина ДНК одной хроматиды может достигать нескольких сантиметров. Понятно, что молекула такой длины не может располагаться в клетке в вытянутом виде, а подвергается укладке, приобретая определенную трехмерную структуру, или *конформацию*.

## Деление клеток

**Деление клеток.** В настоящее время известно несколько способов деления клетки: **прямое бинарное деление, амитоз, митоз и мейоз.**

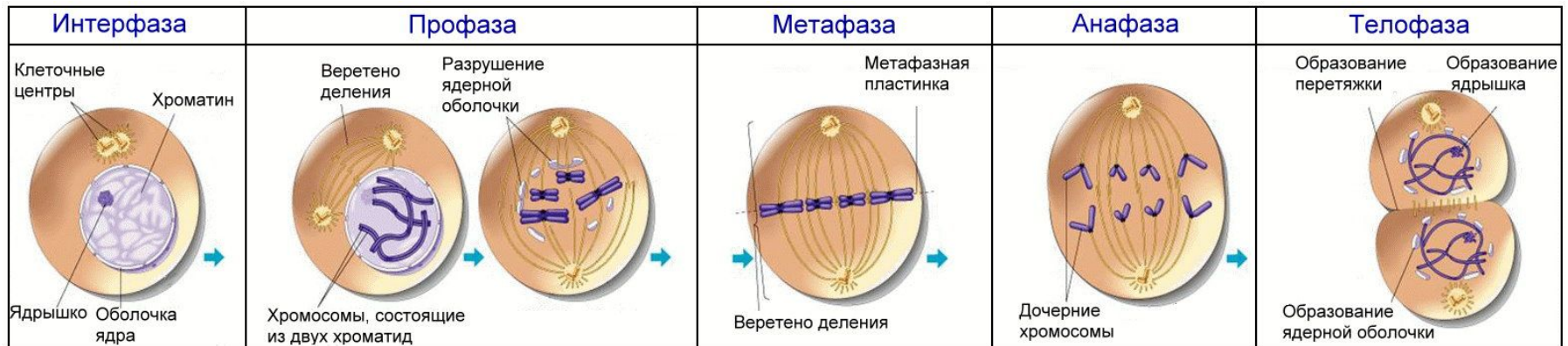
Бактериальные клетки содержат только одну кольцевую молекулу ДНК, прикрепленную к клеточной мембране. Перед делением клетки ДНК реплицируется и образуются две идентичные молекулы ДНК, каждая из которых также прикреплена к клеточной мембране. При делении клетки мембрана вырастает между двумя молекулами ДНК так, что в конечном итоге в каждой дочерней клетке оказывается по одной идентичной молекуле ДНК. Такой процесс получил название **прямого бинарного деления.**



# Митоз:

**Митоз** — это процесс непрямого деления соматических клеток эукариот, в результате которого наследственный материал сначала удваивается, а затем равномерно распределяется между дочерними клетками. Он является основным способом деления клеток эукариот.

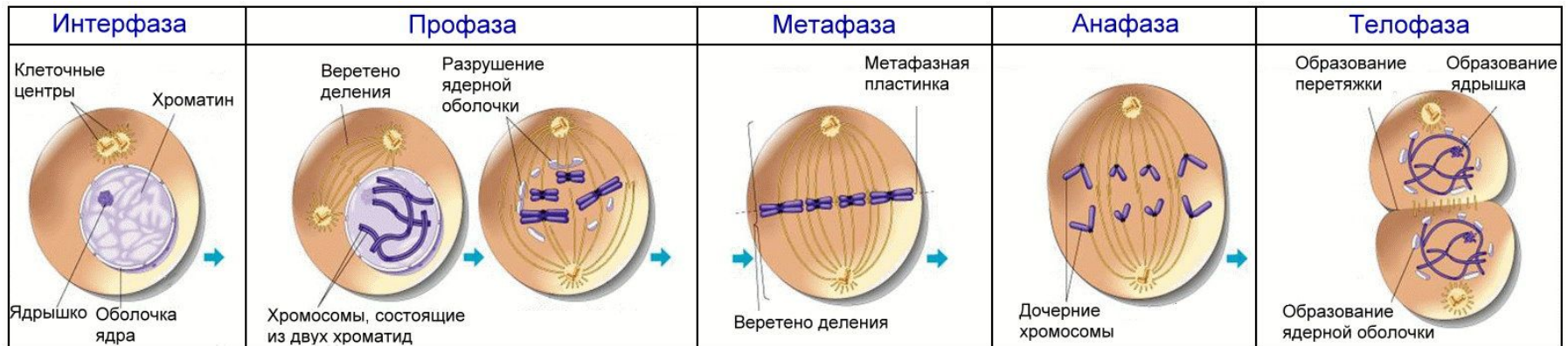
Продолжительность митоза у животных клеток составляет 30—60 мин, а у растительных — 2—3 ч. Митоз включает в себя два процесса — деление ядра (**кариокинез**) и деление цитоплазмы (**цитокинез**).



# Митоз:

Фазы митоза. Митоз подразделяют на четыре последовательные фазы: профазу, метафазу, анафазу и телофазу.

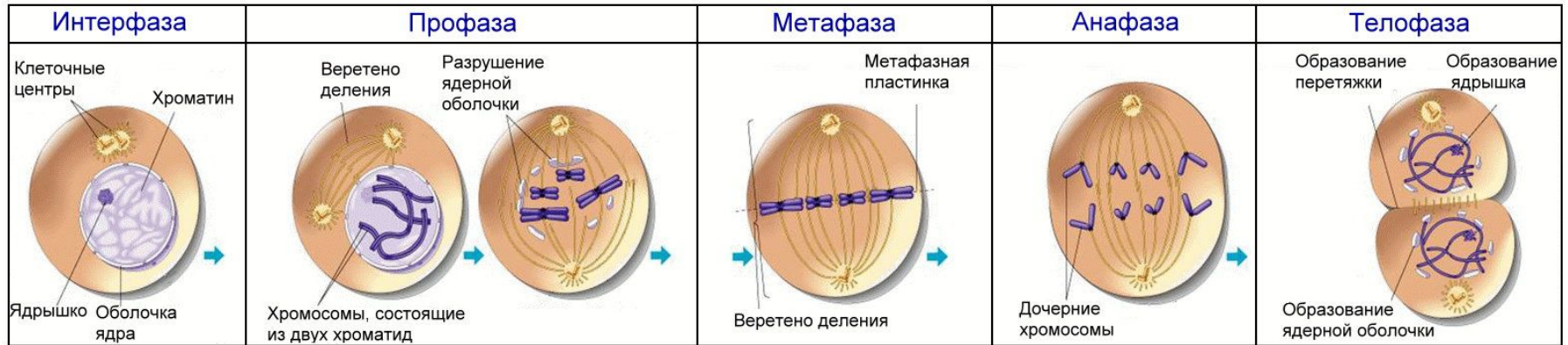
**Профаза.** В ядре происходит спирализация ДНК; в микроскоп хорошо видны туго скрученные хромосомы. Заметно, что каждая хромосома состоит из двух хроматид, объединенных в области центромеры. **Набор хромосом и ДНК  $2n4c$ .** Ядрышки исчезают, пары центриолей расходятся к полюсам клетки. Отходящие от них микротрубочки начинают образовывать *веретено деления*. Ядерная оболочка разрушается.



# Митоз:

**Метафаза.** Хромосомы располагаются таким образом, что их центромеры находятся в плоскости экватора клетки. Образуется так называемая *метафазная пластинка*, состоящая из хромосом. Нити веретена деления от centrosом прикрепляются к центромере каждой хромосомы. *Набор хромосом и ДНК  $2n4c$ .*

**Анафаза.** Каждая хромосома продольно расщепляется на две идентичные хроматиды, которые расходятся к противоположным полюсам клетки. Таким образом, за счет идентичности дочерних хроматид у двух полюсов клетки оказывается одинаковый генетический материал: такой же, какой был в клетке до начала митоза. *Набор хромосом и ДНК  $4n4c$ .*



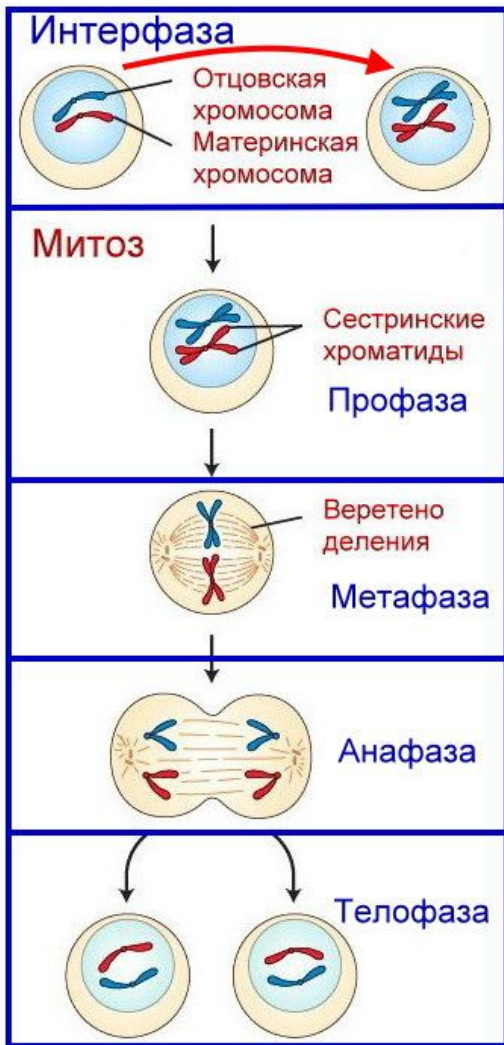
## Митоз:



**Телофаза.** Дочерние хромосомы деспирализуются у полюсов клетки и становятся доступными для транскрипции. Формируются ядерные оболочки и ядрышки. Нити веретена деления распадаются. **Набор хромосом и ДНК в дочерних клетках  $2n2c$ .**

На этом кариокinesis заканчивается, и начинается цитокinesis. При этом у животных клеток в экваториальной плоскости возникает перетяжка. Она углубляется до тех пор, пока не происходит разделения двух дочерних клеток. Растительные клетки не могут делиться таким образом, так как имеют жесткую клеточную стенку. В них образуется внутриклеточная перегородка.

# Митоз:

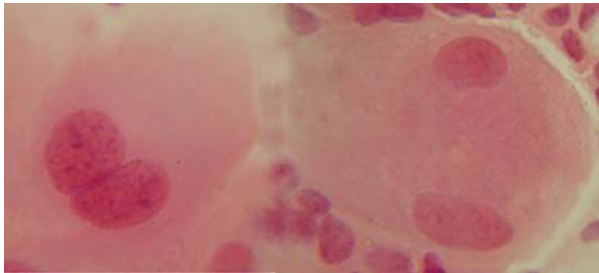
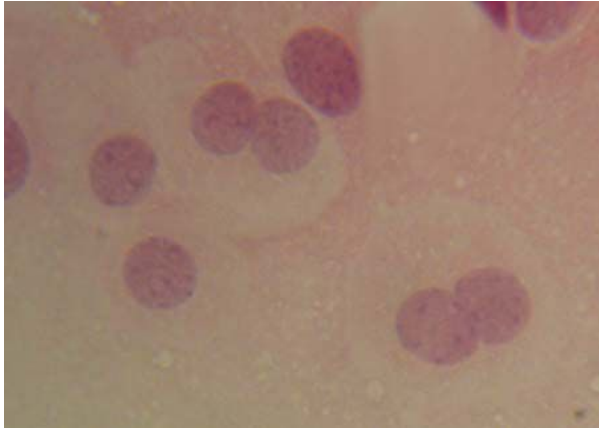


## Биологическое значение митоза

заключается в воспроизводстве клеток с количественно и качественно одинаковой генетической информацией. Это обеспечивается тем, что при репликации ДНК возникают два одинаковых набора хромосом, которые в процессе митоза равномерно распределяются по дочерним клеткам. Митоз необходим для нормального развития и роста многоклеточного организма. Он же лежит в основе процессов заживления повреждений и бесполого размножения.

Продолжительность митоза в клетках различных видов живых существ различается очень сильно. Например, клетки зародыша плодовой мушки дрозофилы делятся за 6 мин, а клетки эндосперма семени гороха — за 180 мин!

## Деление клеток



**Амитоз** или **прямое деление**, — это деление интерфазного ядра путем перетяжки. При амитозе веретено деления не образуется и хромосомы в световом микроскопе неразличимы.

*Такое деление встречается у одноклеточных организмов (например, так делятся большие полиплоидные ядра инфузорий), а также в некоторых высокоспециализированных с ослабленной физиологической активностью, дегенерирующих, обреченных на гибель клетках растений и животных либо при различных патологических процессах.*

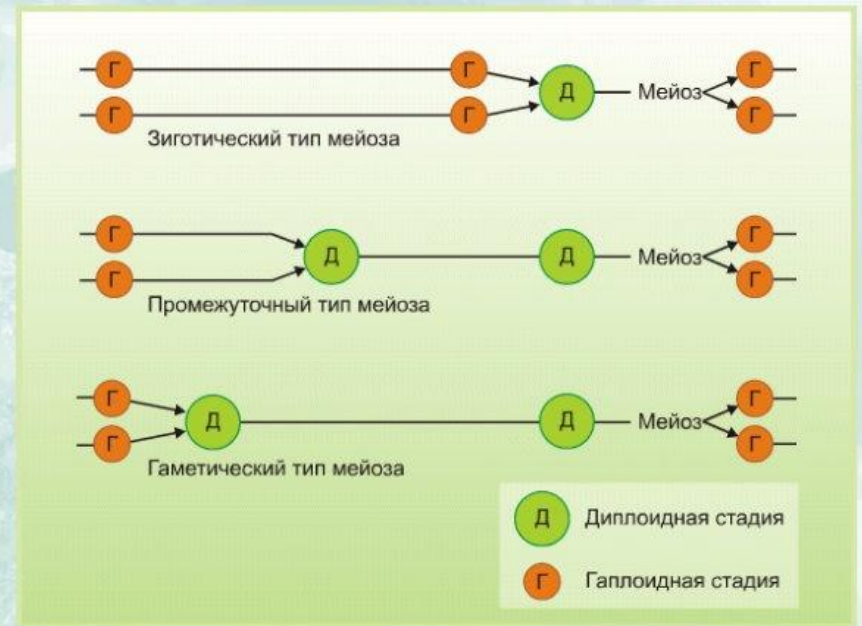
У животных и человека такой тип деления характерен для клеток печени, хрящей, роговицы глаза. При амитозе часто наблюдается только деление ядра: в этом случае могут возникнуть двух- и многоядерные клетки. Если же за делением ядра следует деление цитоплазмы, то распределение клеточных компонентов, как и ДНК, осуществляется произвольно.



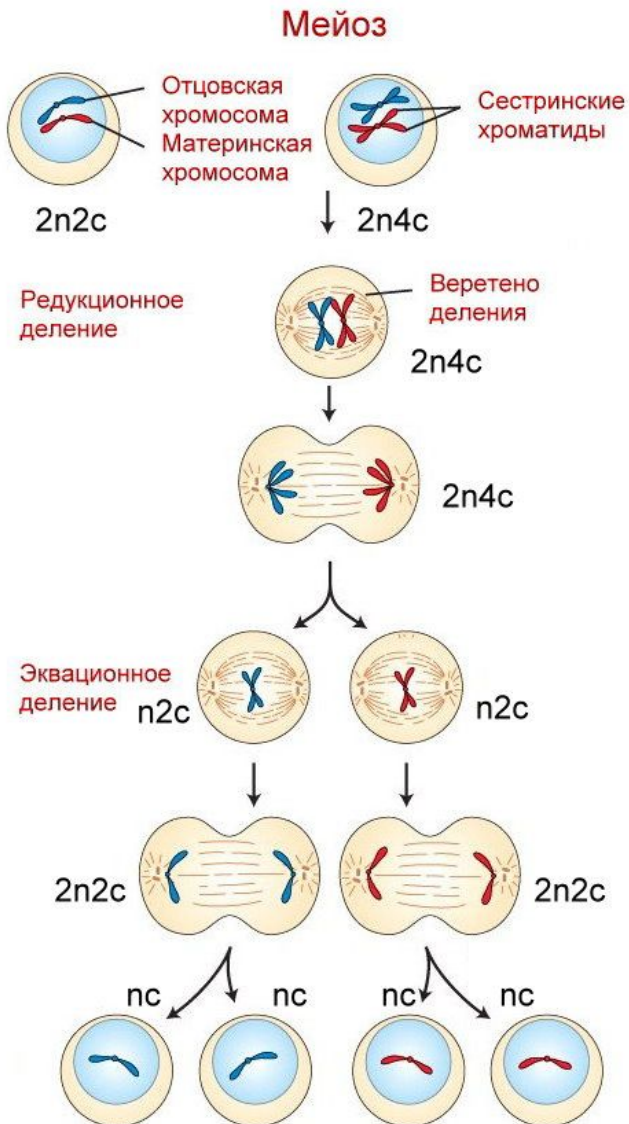
## Типы мейоза

Различают три типа мейоза:

- *зиготический*, или начальный, при котором в результате слияния гаплоидных спор образуется диплоидная зигота, которая сразу вступает в мейоз;
- *споровой*, или промежуточный, когда в результате мейоза образуются микро- и макроспоры (высшие растения);
- *гаметический*, или конечный, в результате которого образуются гаметы (у животных, человека).



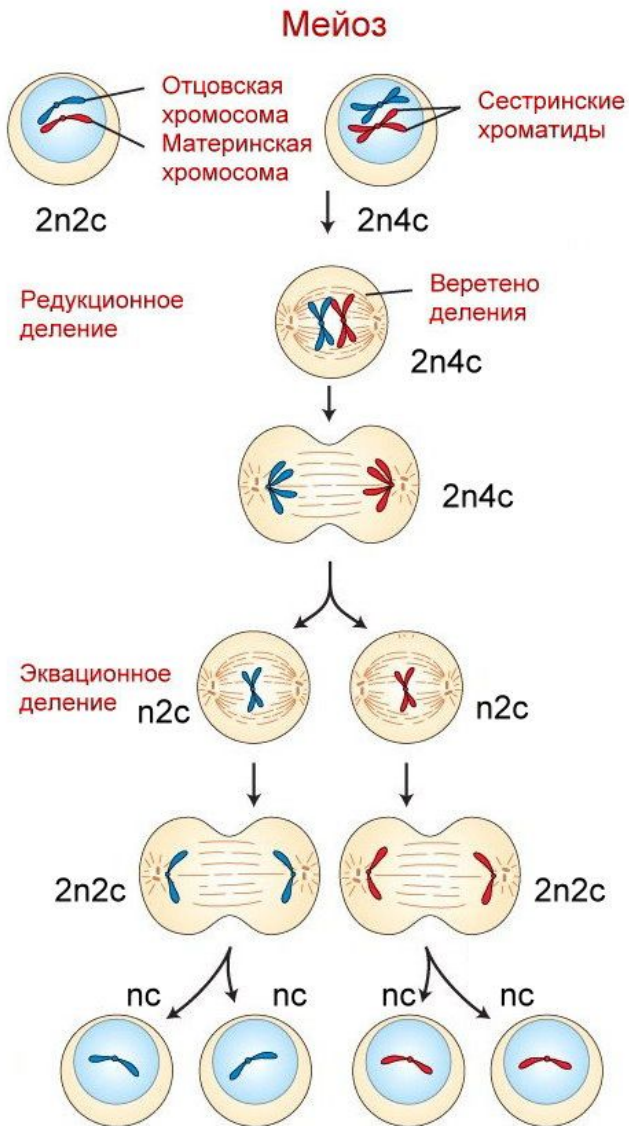
# Первое деление мейоза (редукционное)



**Мейоз — это особый вид деления клетки, при котором число хромосом в дочерних клетках становится гаплоидным.** Это необходимо для сохранения постоянства числа хромосом при половом размножении.

Для примера рассмотрим созревание половых клеток у человека. В каждой клетке человеческого тела диплоидный набор хромосом ( $2n$ ) составляет 46. Следовательно, при «производстве» яйцеклеток и сперматозоидов необходим особый тип деления клеток, при котором в дочерних клетках будет гаплоидный набор хромосом. Такой тип деления, во время которого из одной диплоидной ( $2n$ ) клетки образуются четыре гаплоидные ( $n$ ), и получил название мейоза.

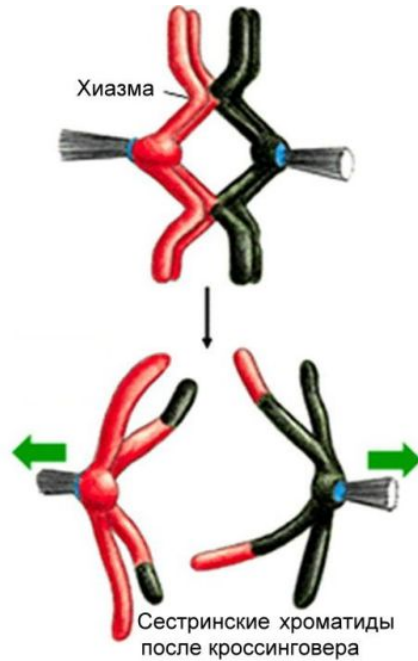
# Первое деление мейоза (редукционное)



Мейоз представляет собой два следующих одно за другим деления генетического материала и цитоплазмы, перед которыми репликация происходит только один раз. Энергия и вещества, необходимые для обоих делений мейоза, накапливаются во время интерфазы I, при этом интерфаза II практически отсутствует.

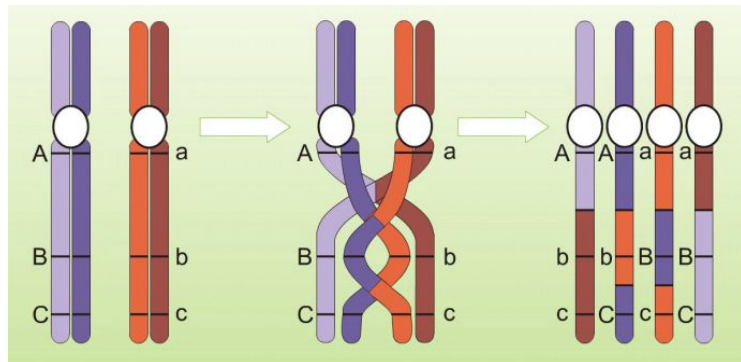
Во время первого деления мейоза (**редукционного**) к полюсам клетки расходятся гомологичные хромосомы, каждая из которых состоит из двух хроматид (рис. 48): у человека — 23 к одному полюсу и 23 к другому. В профазу I ( $2n4c$ ) происходит **конъюгация** хромосом, т. е. каждая хромосома «находит» гомологичную себе и сближается с ней.

## Первое деление мейоза (редукционное)



Во время этого контакта между отцовской и материнской хромосомами может происходить обмен идентичными участками. Это явление получило название **кроссинговера**.

Пару конъюгирующих хромосом называют **бивалентом**. Биваленты продолжают укорачиваться и утолщаться. Каждый бивалент образован четырьмя хроматидами. Поэтому его называют **тетрадой**.



Важнейшим событием является **кроссинговер** — обмен участками гомологичных хромосом. Кроссинговер приводит к первой во время мейоза рекомбинации генов. В конце профазы I исчезают ядерная оболочка и ядрышко.

## Первое деление мейоза (редукционное)



### Профаза 1 ( $2n4c$ )

Самая продолжительная и сложная фаза мейоза. Состоит из ряда последовательных стадий.

**Лептотена ( $2n; 4c$ ).** Стадия тонких нитей. Хромосомы слабо конденсированы. Они уже двухроматидные, но настолько сближены, что имеют вид длинных одиночных тонких нитей. Теломеры хромосом прикреплены к ядерной мембране с помощью особых структур — *прикрепительных дисков*.

**Зиготена ( $2n; 4c$ ).** Стадия сливающихся нитей. Гомологичные хромосомы начинают притягиваться друг к другу сходными участками и конъюгируют. *Конъюгацией* называют процесс тесного сближения гомологичных хромосом. (Процесс конъюгации также называют *синапсисом*.)

## Первое деление мейоза (редукционное)



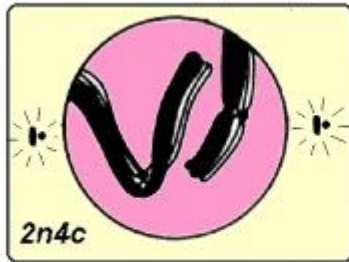
Полагают, что каждый ген приходит в соприкосновение с гомологичным ему геном другой хромосомы. Пару конъюгирующих хромосом называют **бивалентом**, или **тетрадой** – четыре хроматиды удерживаются вместе, количество бивалентов равно гаплоидному набору хромосом.

**Пахитена (2n; 4c).** Стадия толстых нитей. Процесс спирализации хромосом продолжается, причем в гомологичных хромосомах он происходит синхронно. Становится хорошо заметно, что хромосомы двуххроматидные. В пахитене наблюдается особенно тесный контакт между хроматидами. Важнейшим событием пахитены является **кроссинговер** — обмен участками гомологичных хромосом.

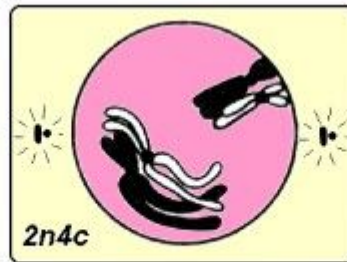
## Первое деление мейоза (редукционное)



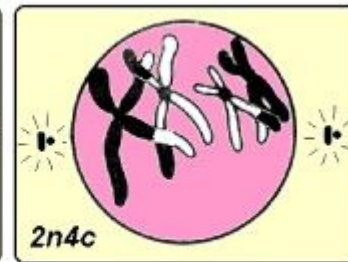
Лептотена



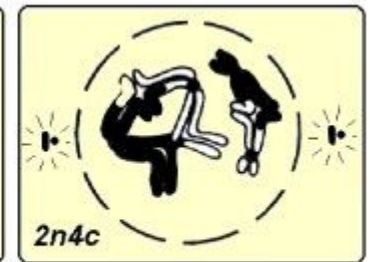
Зиготена



Пахитена



Диплотена



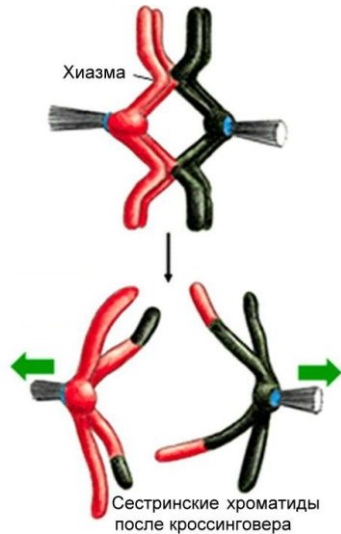
Диакинез

Кроссинговер приводит к первой во время мейоза рекомбинации генов.

**Диплотена ( $2n; 4c$ ).** Хромосомы в бивалентах перекручиваются и начинают отталкиваться друг от друга. Процесс отталкивания начинается в области центromеры и распространяется по всей длине бивалентов. Однако они все еще остаются связанными друг с другом в некоторых точках. Их называют **хиазмы**. Эти точки появляются в местах кроссинговера. В ходе гаметогенеза у человека может образовываться до 50 хиазм.

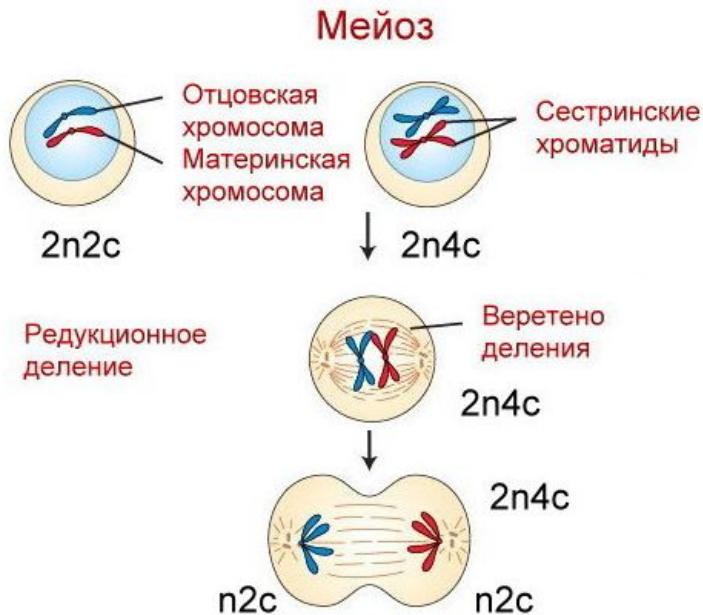
**Диакинез ( $2n; 4c$ ).** Хромосомы сильно укорачиваются и утолщаются за счет максимальной спирализации хроматид, а затем отделяются от ядерной оболочки. Происходит сползание хиазм к концам хроматид.

## Первое деление мейоза (редукционное)



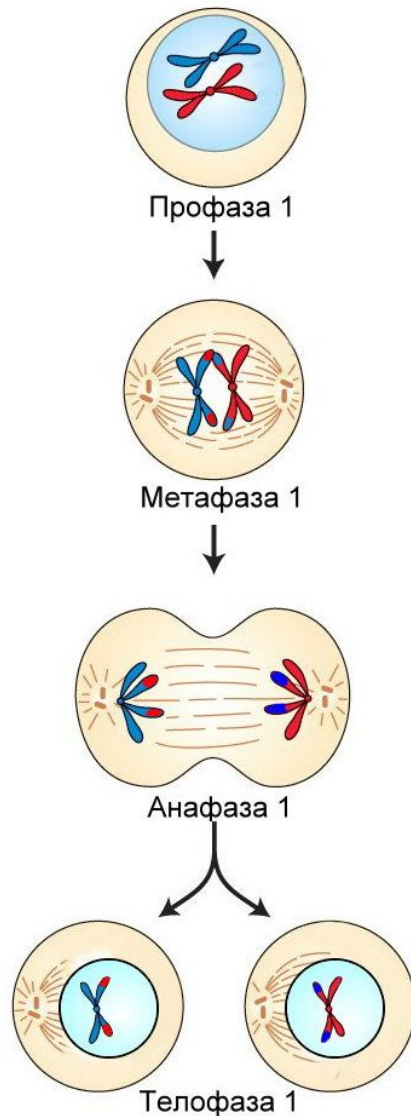
Биваленты перемещаются в экваториальную плоскость образуя метафазную пластинку ( $2n4c$ ). Центриоли (если они есть) перемещаются к полюсам клетки, и формируется веретено деления.

**Метафаза I ( $2n4c$ ).** Заканчивается формирование веретена деления. Спирализация хромосом максимальна. Биваленты располагаются в плоскости экватора. Расположение бивалентов в экваториальной плоскости равновероятное и случайное, то есть каждая из отцовских и материнских хромосом может быть повернута в сторону того или другого полюса. Это создает предпосылки для второй за время мейоза рекомбинации генов. Нити веретена прикрепляются к центромерам хромосом.





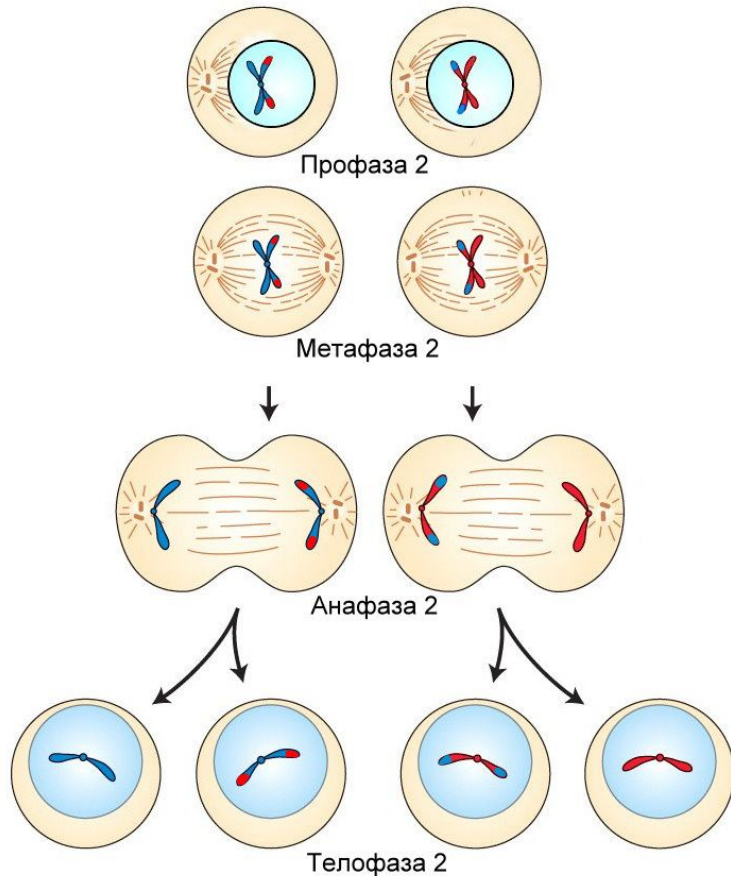
## Первое деление мейоза (редукционное)



**Анафаза I ( $2n4c$ ).** К полюсам расходятся целые хромосомы, а не хроматиды, как при митозе. У каждого полюса оказывается половина хромосомного набора. Причем, пары хромосом расходятся так, как они располагались в плоскости экватора во время метафазы. В результате возникают самые разнообразные сочетания отцовских и материнских хромосом, **происходит вторая рекомбинация** генетического материала.

**Телофаза I ( $n2c$ ).** У животных и некоторых растений хроматиды деспирализуются, вокруг них формируется ядерная оболочка. Затем происходит деление цитоплазмы (у животных) или образуется разделяющая клеточная стенка (у растений).

## Второе деление мейоза (эквационное)



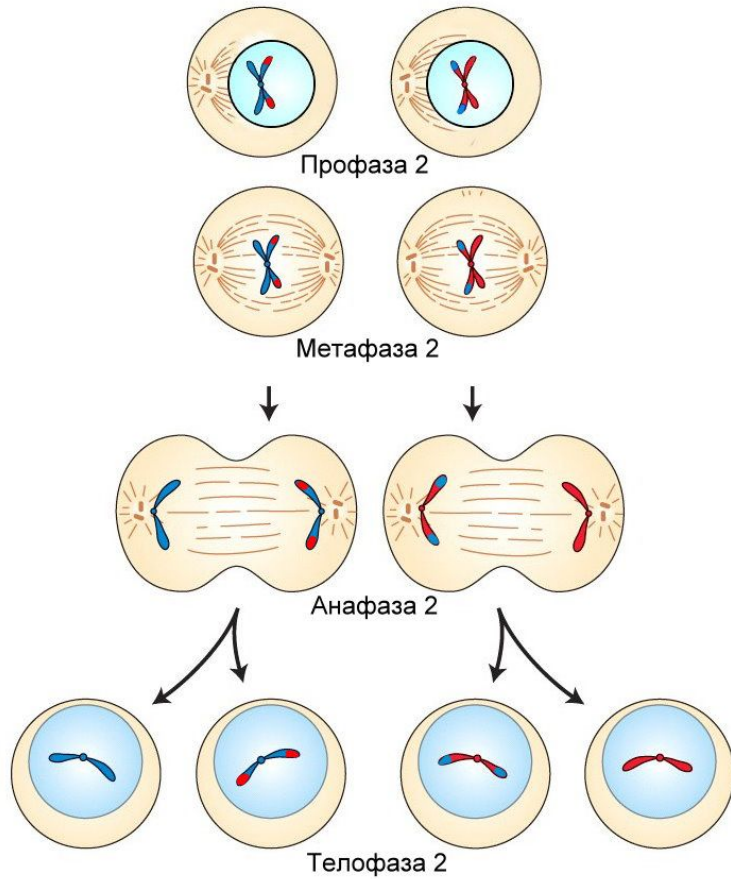
**Второе деление мейоза (эквационное)** включает также профазу, метафазу, анафазу и телофазу. Она протекает так же, как обычный митоз.

**Интерфаза II ( $n2c$ ).** Репликации ДНК не происходит.

**Профаза II ( $n2c$ ).** Хромосомы спирализуются, ядерная мембрана и ядрышки разрушаются, центриоли, если они есть, перемещаются к полюсам клетки, формируется веретено деления.

**Метафаза II ( $n2c$ ).** Формируются метафазная пластинка и веретено деления, нити веретена деления прикрепляются к центромерам.

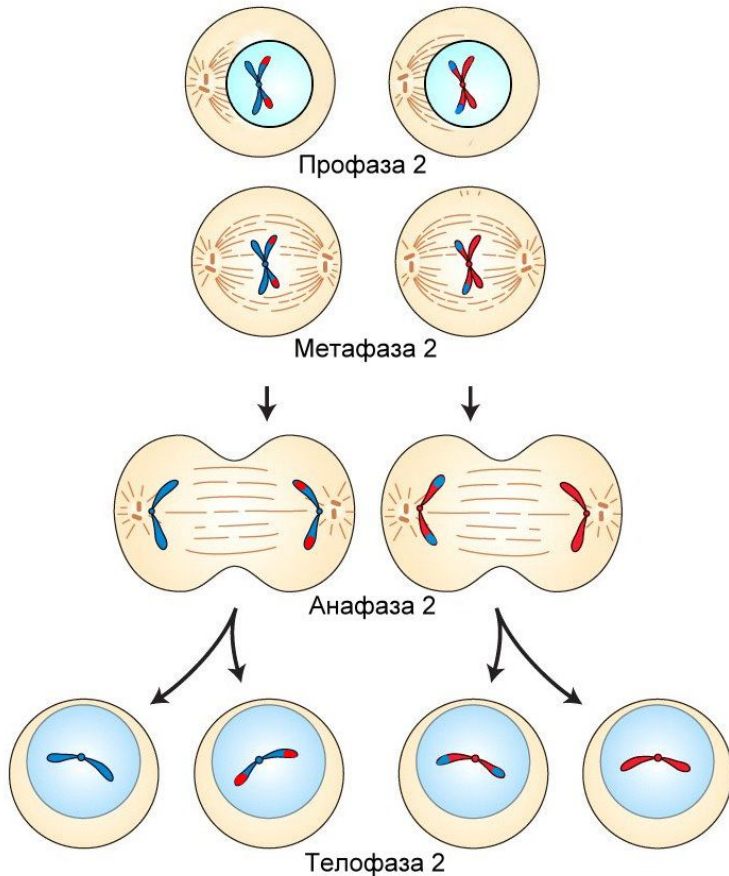
## Второе деление мейоза (эквацонное)



**Анафаза II ( $2n2c$ ).** Центромеры хромосом делятся, хроматиды становятся самостоятельными хромосомами, и нити веретена деления растягивают их к полюсам клетки. Число хромосом в клетке становится диплоидным, но на каждом полюсе формируется гаплоидный набор.

Поскольку в метафазе II хроматиды хромосом располагаются в плоскости экватора случайно, **в анафазе происходит третья рекомбинация генетического материала клетки**, так как в результате кроссинговера хроматиды стали отличаться друг от друга и к полюсам отходят дочерние хроматиды, но отличные друг от друга.

## Второе деление мейоза (эквационное)



**Телофаза II (nc).** Нити веретена деления исчезают, хромосомы деспирализуются, вокруг них восстанавливается ядерная оболочка, делится цитоплазма.

В результате мейоза из одной диплоидной клетки ( $2n$ ) образуется четыре гаплоидных ( $n$ ). Очень важное значение имеет кроссинговер. Он увеличивает генетическое разнообразие половых клеток, так как в результате этого процесса образуются хромосомы, несущие гены и отца, и матери.

**Таким образом, мейоз лежит в основе комбинативной изменчивости.**

# Рефлексия (ответить на вопросы):

- Мейоз:

*Особый вид деления клеток, при котором число хромосом в дочерних клетках уменьшается в два раза.*

- Перекрест хромосом, кроссинговер:

*Во время конъюгации в гомологичных хромосомах могут происходить поперечные разрывы и хромосомы обмениваются одинаковыми участками. Это явление получило название перекрест хромосом, или кроссинговер.*

- Набор хромосом в клетках после 1-го деления мейоза:

*Образуются две клетки с гаплоидным набором хромосом, но хромосомы из двух хроматид.*

- Перекрест хромосом, кроссинговер:

*Во время конъюгации в гомологичных хромосомах могут происходить поперечные разрывы и хромосомы обмениваются одинаковыми участками. Это явление получило название перекрест хромосом, или кроссинговер.*

- Набор хромосом в клетках после 1-го деления мейоза:

*Образуются две клетки с гаплоидным набором хромосом, но хромосомы из двух хроматид.*

## **Домашняя работа:**

- 1. Учить параграф 6.1-6.2.4.
- 2. Подготовиться к проверочной работе по данной теме.