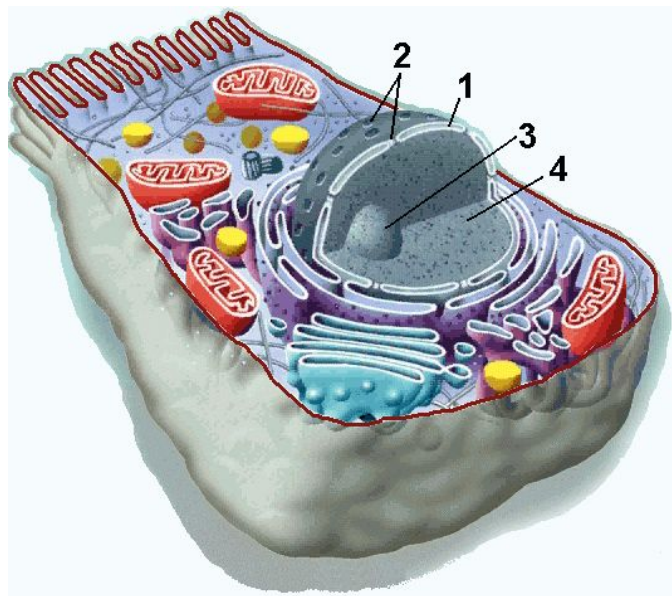


## Двумембранные органоиды. Ядро



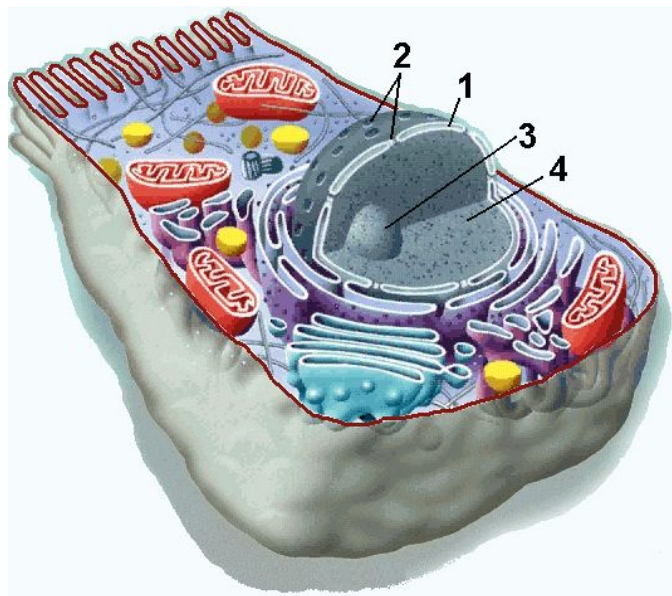
Наиболее важный органоид эукариотических клеток. Большинство клеток имеет одно ядро, но встречаются и многоядерные клетки (в скелетных мышцах позвоночных). Число ядер может достигать нескольких десятков. Некоторые высокоспециализированные клетки утрачивают ядро (эритроциты млекопитающих).

Обычно ядро имеет диаметр от 3 до 10 мкм.

**Главными функциями ядра являются:**

- хранение генетической информации и передача ее дочерним клеткам в процессе деления;
- контроль жизнедеятельности клетки путем регуляции синтеза различных белков.

# Двумембранные органоиды. Ядро



## Строение ядра.

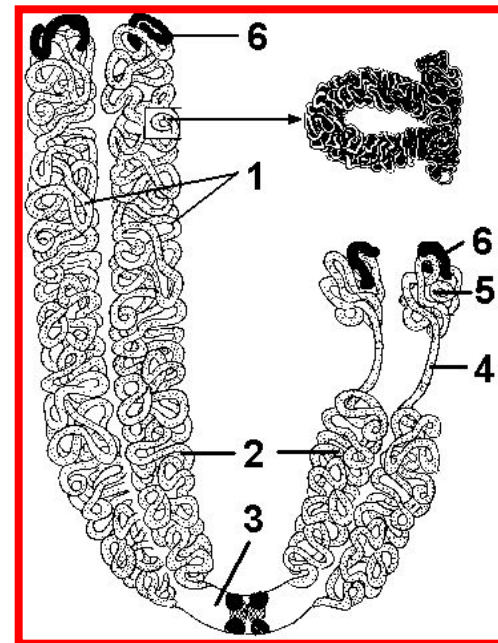
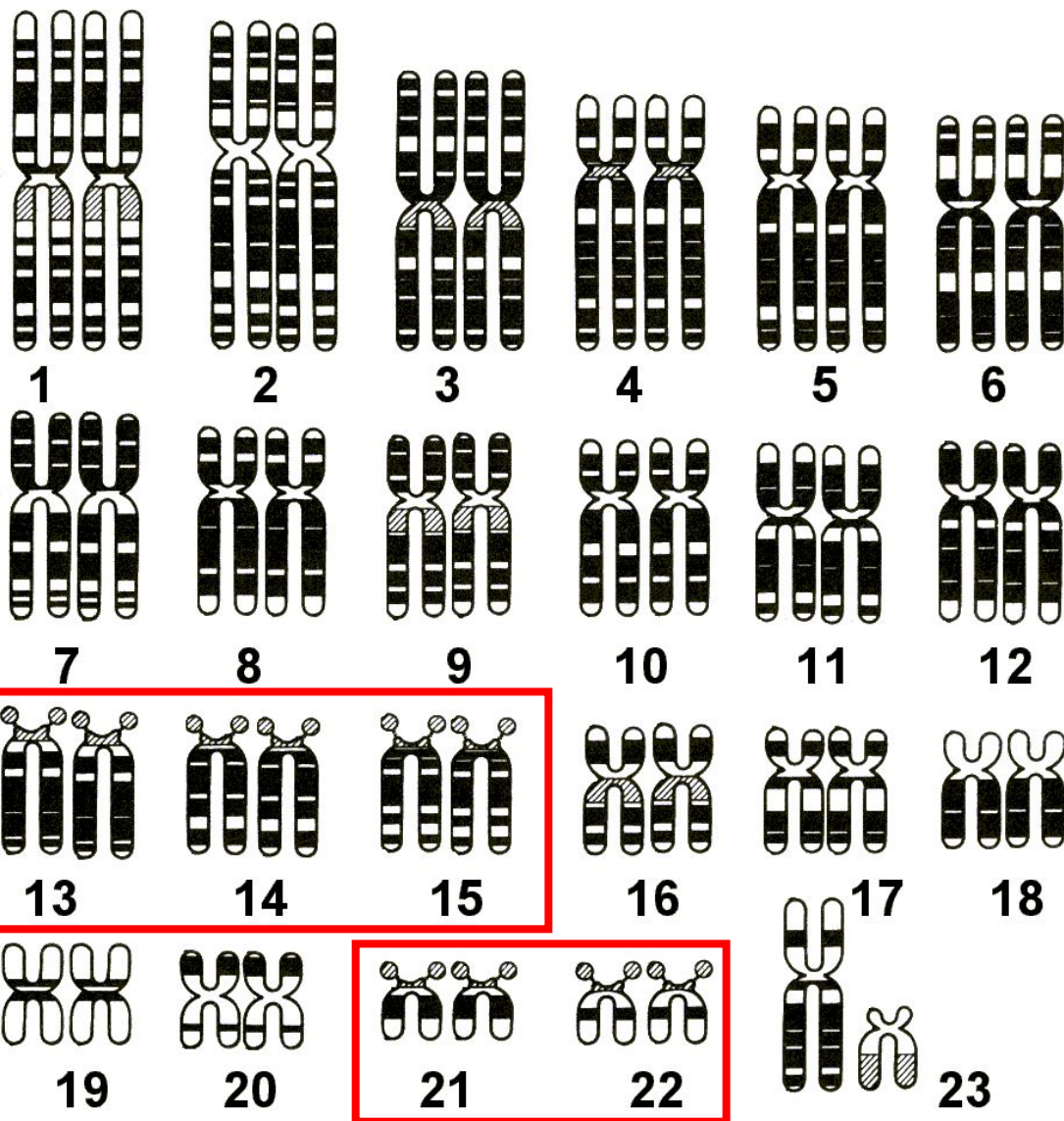
**Ядерная оболочка** – состоит из двух мембран, внутренняя – гладкая, наружная в некоторых местах переходит в каналы ЭПР. Оболочка имеет поры.

**Кариоплазма** — внутреннее содержимое ядра, в котором располагаются **хроматин**.

Третья, характерная для ядра клетки структура — **ядрышко**.

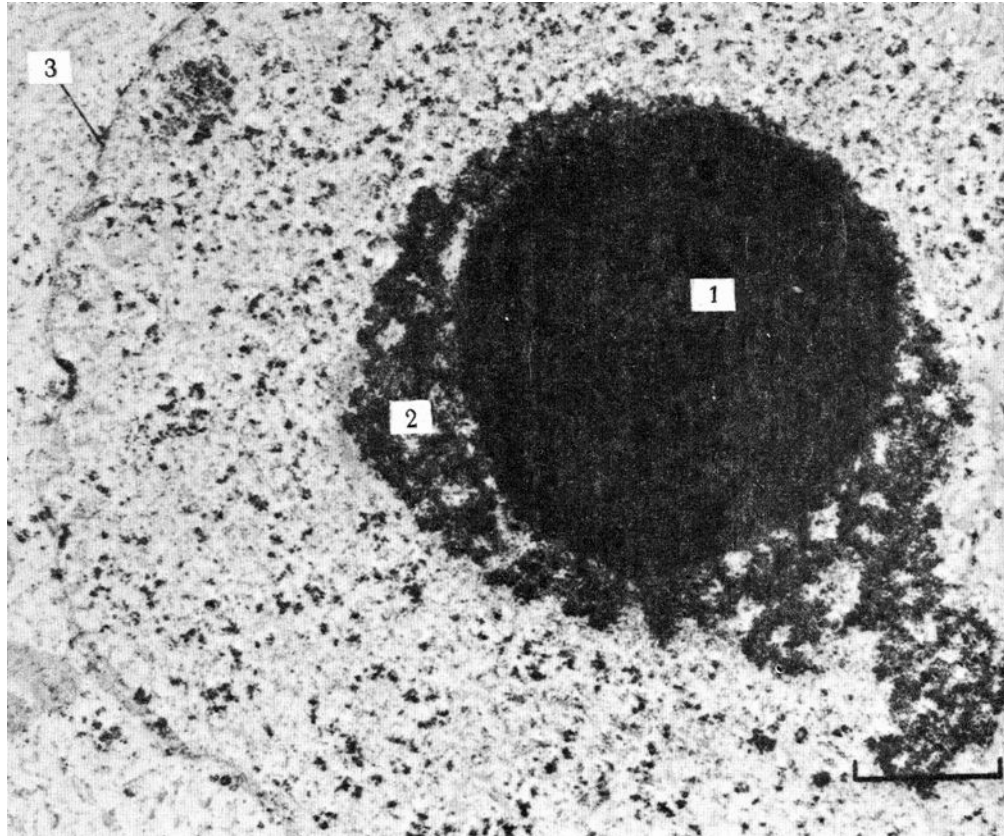
Ядрышко **не является самостоятельной структурой ядра**. Оно образуется в результате концентрации в определенном участке кариоплазмы участков хромосом, несущих информацию о структуре рРНК. Эти участки хромосом называют **ядрышковыми организаторами**.

# Двумембранные органоиды. Ядро



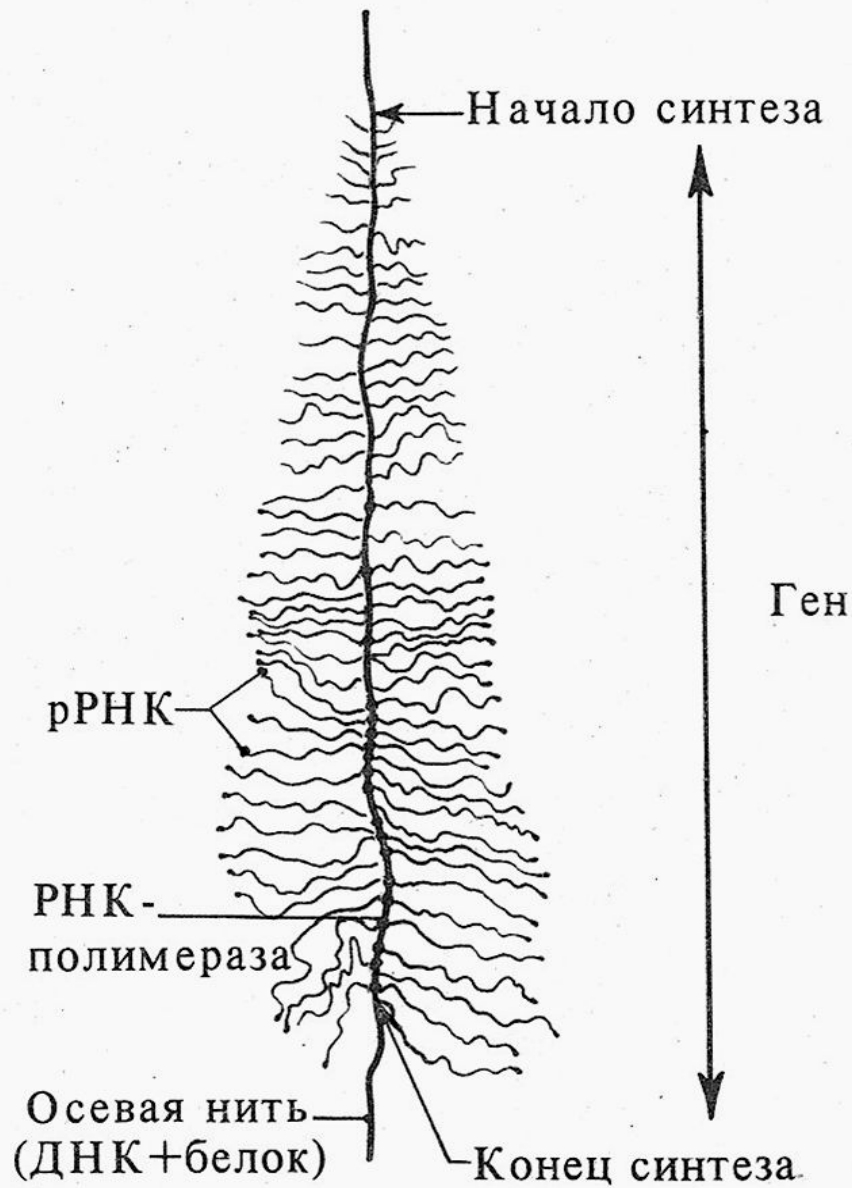
У человека 5 пар хромосом имеют ядрышковые организаторы – 13-15 и 21 и 22 пары хромосом.

# Ядрышко



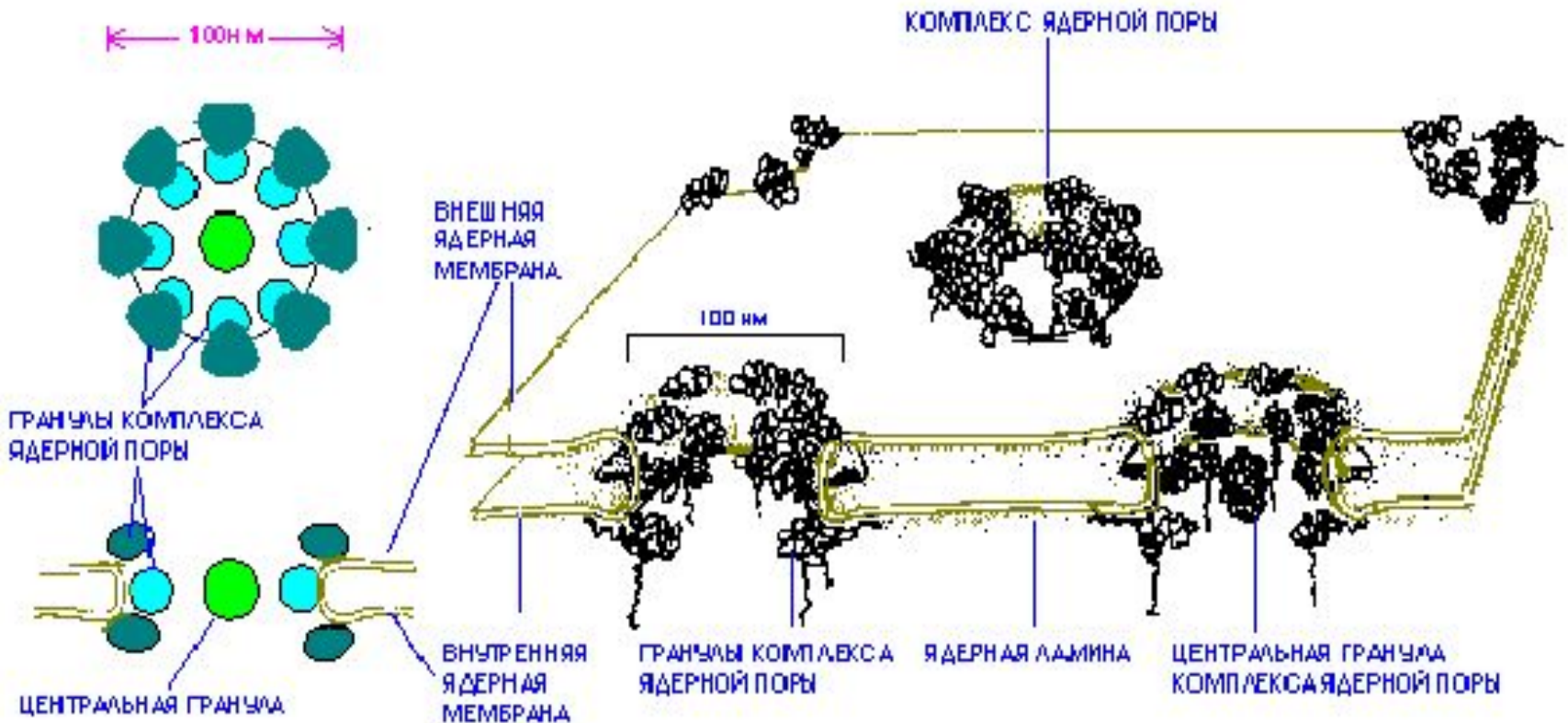
- Увеличение 20000, 1 – фибриллярный компонент, 2 – гранулярный компонент, 3 – оболочка ядра





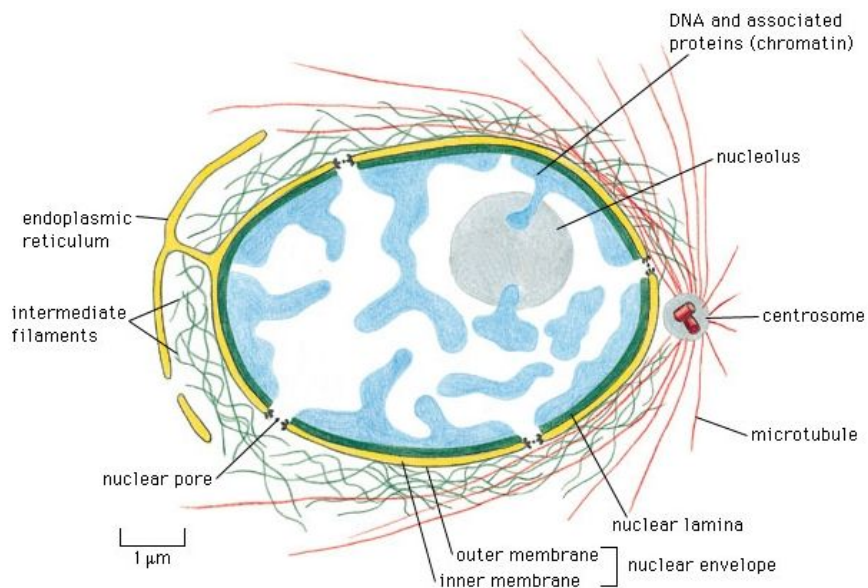
# Схема транскрипции РНК

# Строение ядерных пор



Обычно всего в оболочке ядра – 2000 – 4000 пор.

# Двумембранные органеллы. Ядро

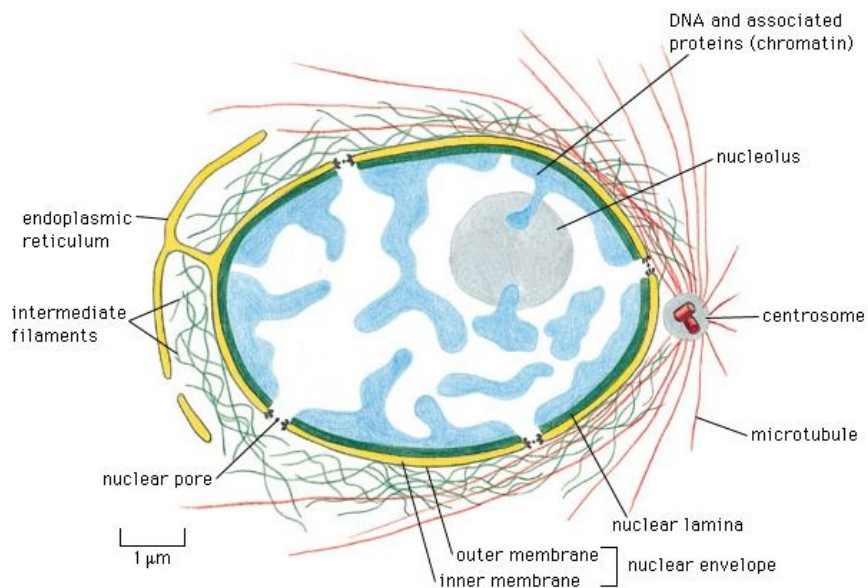


**Хроматином** называют глыбки, гранулы и сетевидные структуры ядра, интенсивно окрашивающиеся некоторыми красителями и отличающиеся по форме от ядрышка. Хроматин представляет собой молекулы ДНК, связанные с белками — гистонами. В зависимости от степени спирализации различают:

**эухроматин** — деспирализованные (раскрученные) участки хроматина, имеющие вид тонких, неразличимых при световой микроскопии нитей, слабо окрашивающихся и генетически активных;

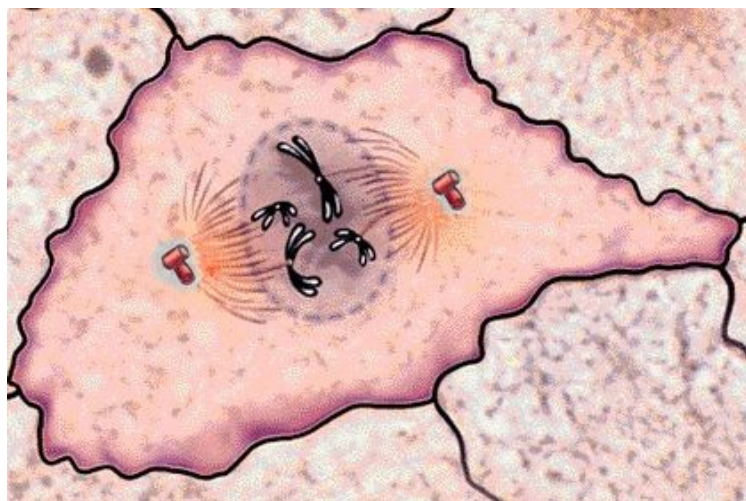
**гетерохроматин** — спирализованные и уплотненные участки хроматина, имеющие вид глыбок или гранул, интенсивно окрашивающихся и генетически не активных. (**факультативный** и **конститутивный** гетерохроматин)

# Двумембранные органоиды. Ядро



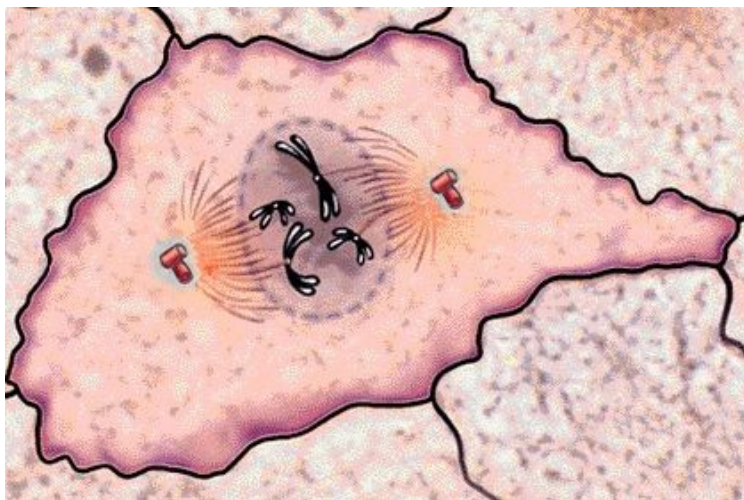
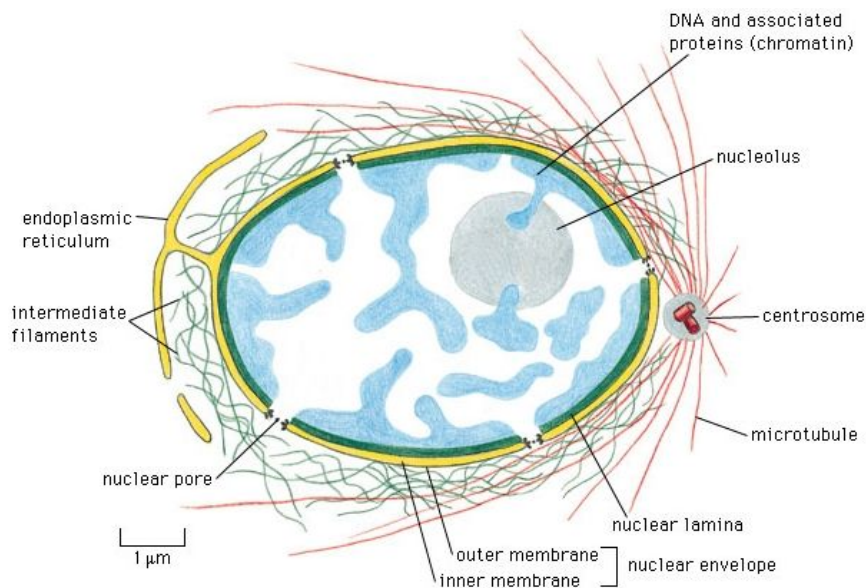
**В процессе деления клеток ДНК спирализуется и хроматиновые структуры образуют хромосомы.**

***Хромосомами называются постоянные компоненты ядра клетки, органоиды ядра, имеющие особое строение, способные к самовоспроизведению.***



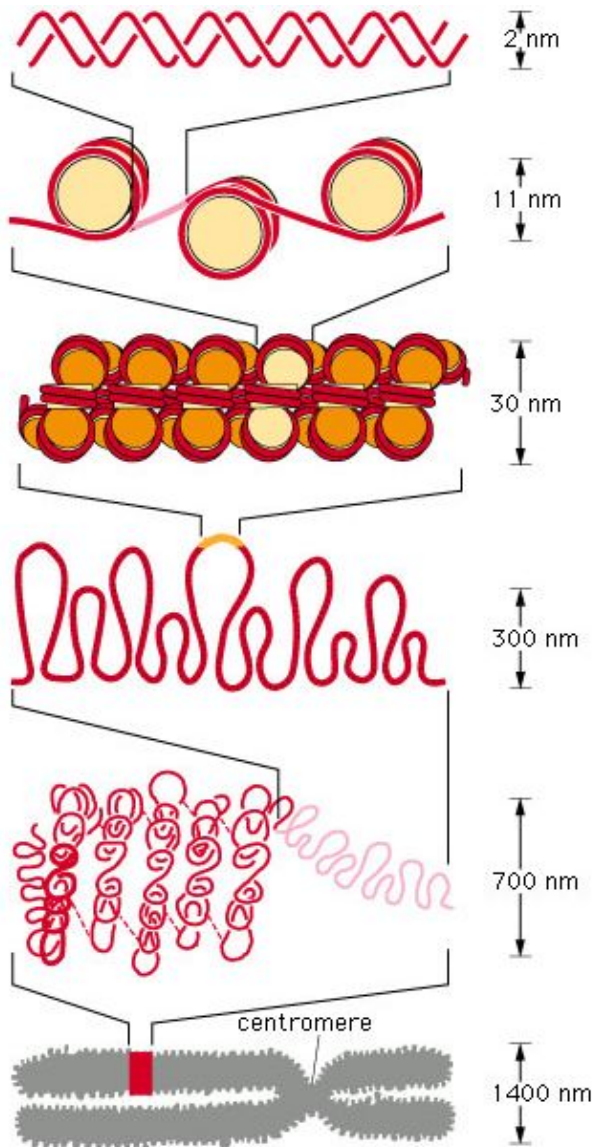


## Двумембранные органоиды. Ядро



Главными химическими компонентами хромосом являются **ДНК (40%)** и **белки (60%)**. Во время деления клетки спирализацией достигается плотная упаковка наследственного материала, что важно для перемещения хромосом во время митоза. Общая длина ДНК клетки человека — **2 метра**, совокупная же длина всех хромосом клетки — всего лишь **150 мкм**. длина хромосомы человека за счёт всех уровней укладки сокращается, в итоге, в **10.000 раз**. Хромосома перед делением состоит из двух **хроматид**. В процессе митоза они разойдутся в дочерние клетки и станут самостоятельными хромосомами.

# Упаковка генетического материала



1. **Молекула ДНК.**
2. **Нуклеосомная нить**, ДНК закручена на нуклеосомы, состоящие из 8 белковых молекул (**H2A, H2B, H3, H4** – по две молекулы каждого вида гистонов).
3. **Хроматиновая фибрилла (нуклеомерная нить)** образуется в результате взаимодействия молекул **гистона H1**, который спирально сближает нуклеосомы.
4. Интерфазная **хромонема**, в образовании которой принимают **негистоновые кислые белки**, образующие петли. Вероятно, каждая петля – функциональная единица генома.
5. **Хроматида**, образованная в результате спирализации хромонемы.

# Схема строения метафазной хромосомы

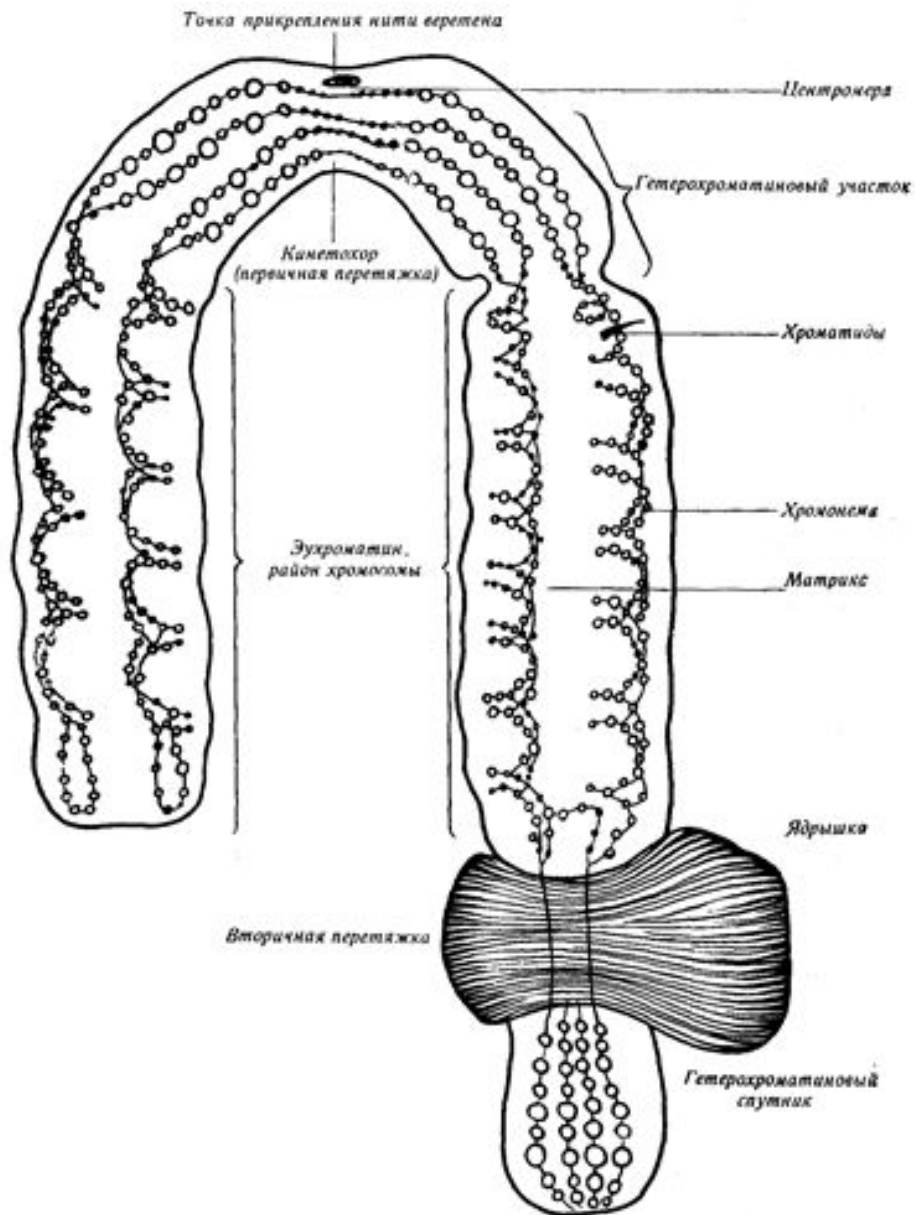
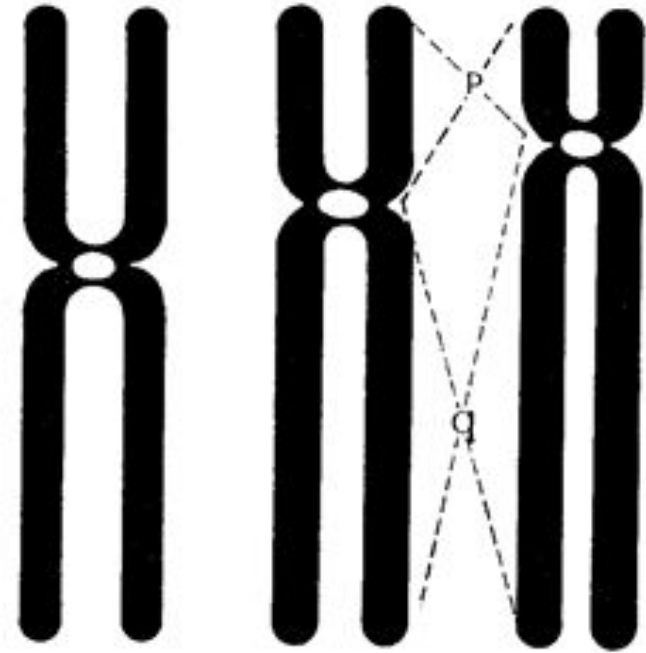


Рис. 24. Схема строения метафазных хромосом.

фотографии гомологичных хромосом по мере возрастания их размеров называются идиограммой кариотипа.

- У человека на идиограмме кариотипа среди 46 хромосом различают **три типа** хромосом в зависимости от положения в хромосоме центромера:
- 1. **Метацентрические** — центромера занимает центральное положение в хромосоме, оба плеча хромосомы имеют почти одинаковую длину;
- 2. **Субметацентрические** — центромера располагается ближе к одному концу хромосомы, в результате чего плечи хромосомы разной длины.



*Метацентрическая Субметацентрическая Акроцентрическая*

Рис. 26. Виды метафазных хромосом человека:  
*p* — короткое плечо, *q* — длинное плечо.

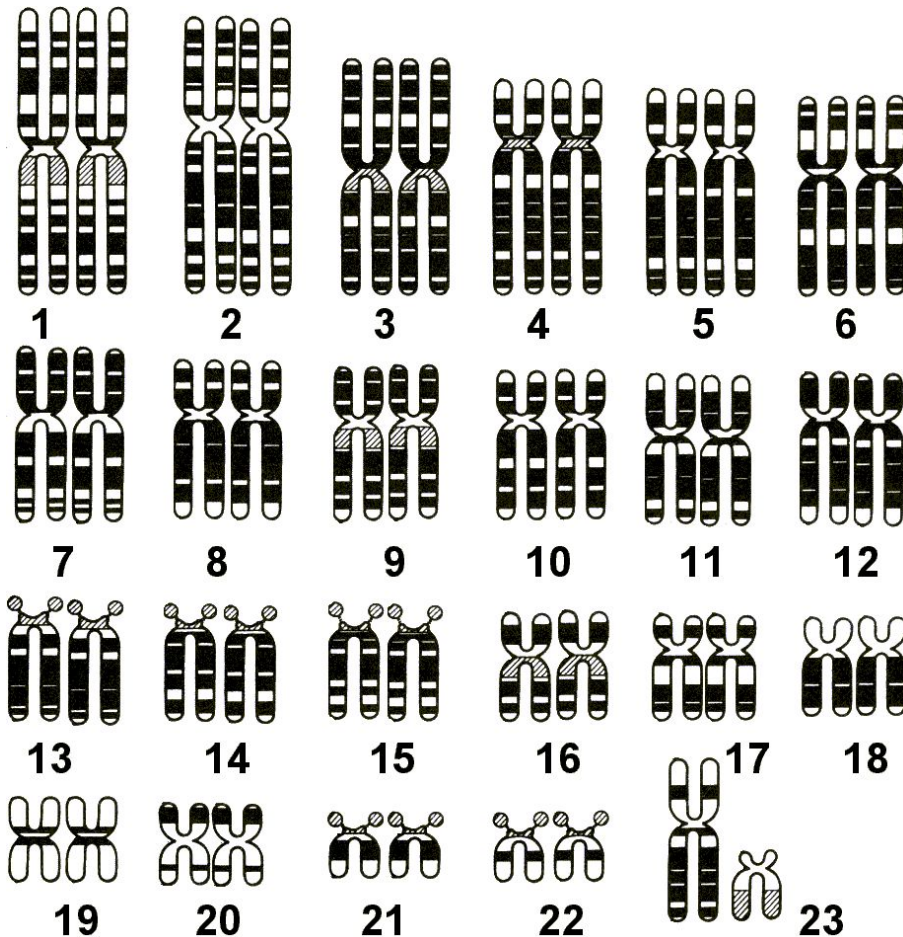
- 3. **Акроцентрические** — центромера находится у конца хромосомы. Одно плечо очень короткое, другое длинное.



**Классификация хромосом человека по размеру и расположению центромера (Денвер, 1960, США)**

<b>Группа хромосом</b>	<b>Номер по кариотипу</b>	<b>Характеристика хромосом</b>
<b>A(I)</b>	<b>1,2,3</b>	<b>1 и 3 почти метацентрические и 2—крупная субметацентрическая</b>
<b>B (II)</b>	<b>4,5</b>	<b>крупные субacroцентрические</b>
<b>C (III)</b>	<b>6—12</b>	<b>средние субметацентрические</b>
<b>A(IV)</b>	<b>13—15</b>	<b>средние акроцентрические</b>
<b>E(V)</b>	<b>16-18</b>	<b>мелкие субметацентрические</b>
<b>F(VI)</b>	<b>19—20</b>	<b>самые мелкие метацентрические</b>
<b>G(VII)</b>	<b>21—22</b>	<b>самые мелкие акроцентрические</b>
<b>X-хромосома (относится к III группе)</b>	<b>23</b>	<b>средняя почти метацентрическая</b>
<b>Y-хромосома</b>	<b>23</b>	<b>мелкая акроцентрическая</b>

# Организация генетического материала

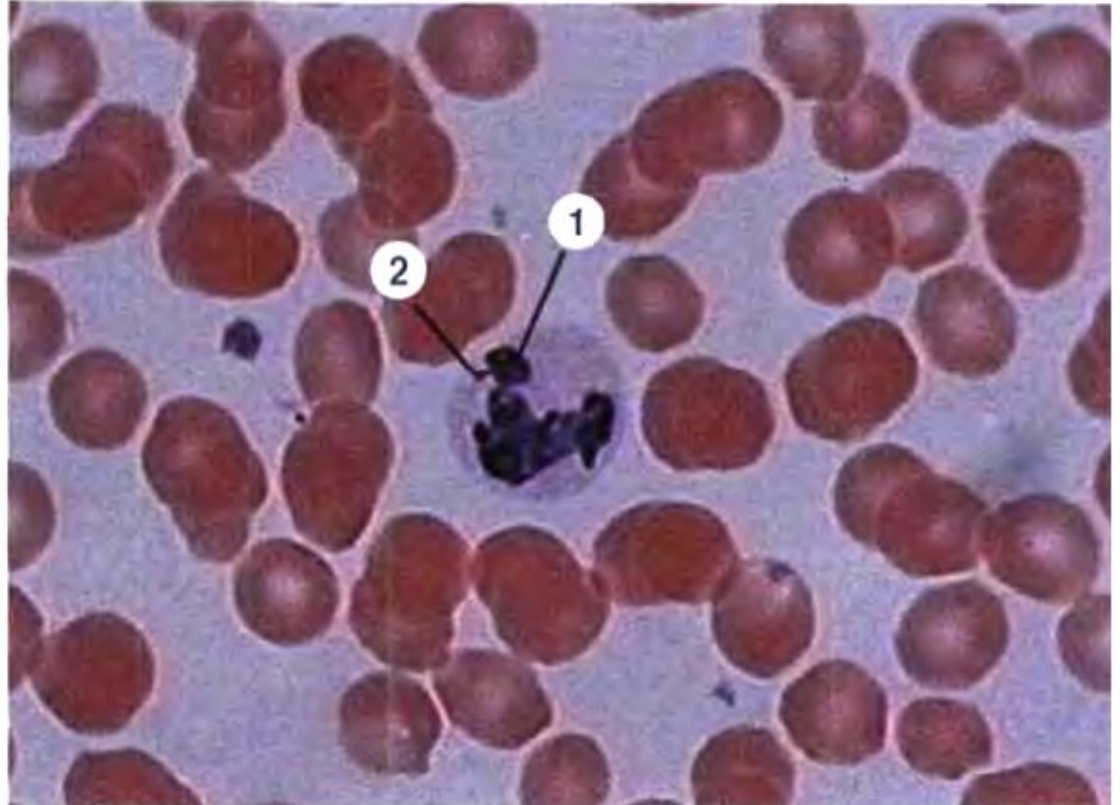


Хромосомы ядра диплоидной клетки парные. Каждая пара образована хромосомами, имеющими одинаковый размер, форму, положение первичной и вторичной перетяжек. Такие хромосомы называют **гомологичными**.

У человека 23 пары гомологичных хромосом.

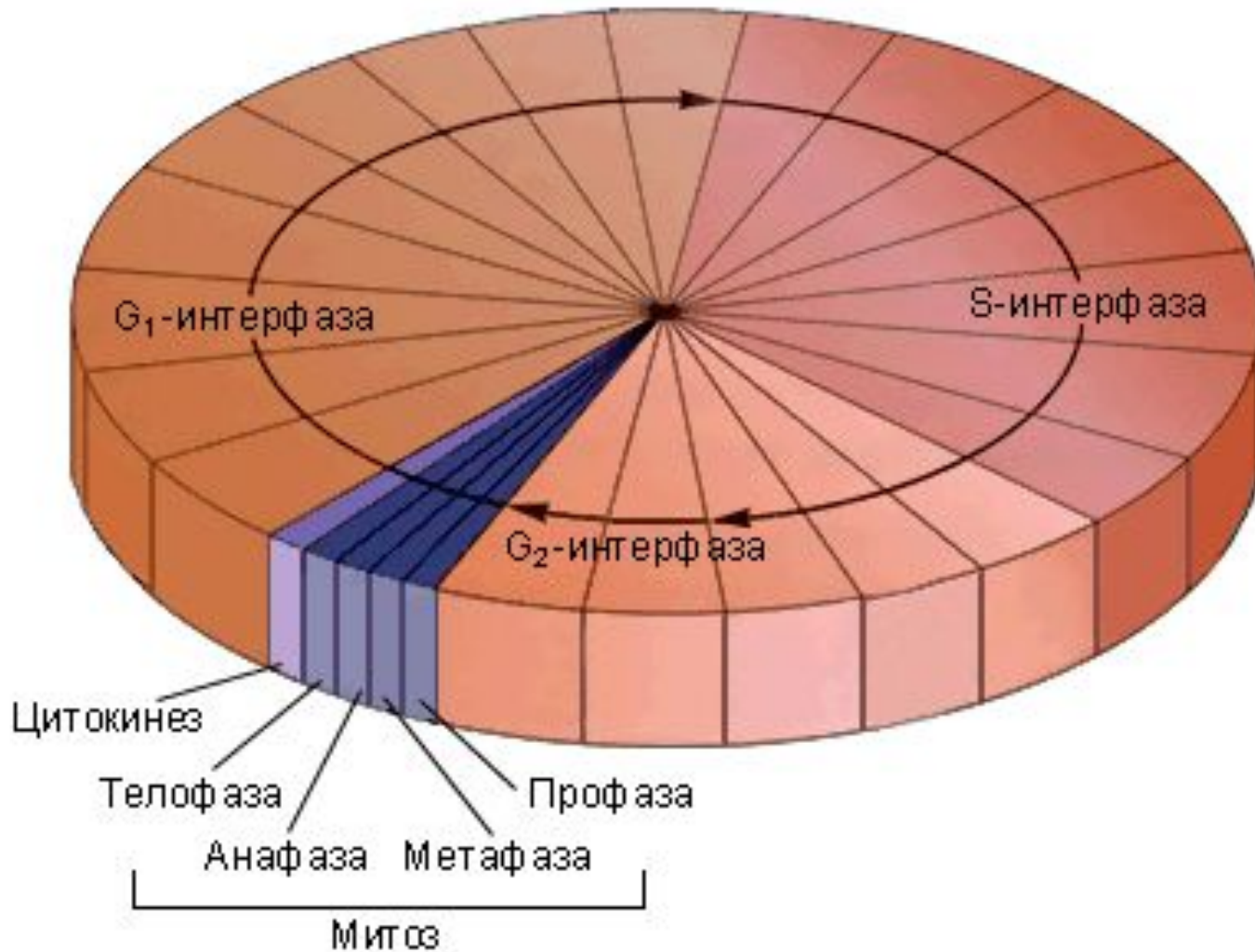
# Тельце Барра

- Основные положения гипотезы М. Лайон следующие:
- 1. Одна из двух X-хромосом клеток женщины неактивна.
- 2. Неактивная хромосома может быть отцовского или материнского организма.
- 3. Инактивация происходит в раннем эмбриогенезе и сохраняется во время дальнейшего размножения и развития клеточной линии. Этот процесс инактивации X-хромосомы в ряду поколений обратим



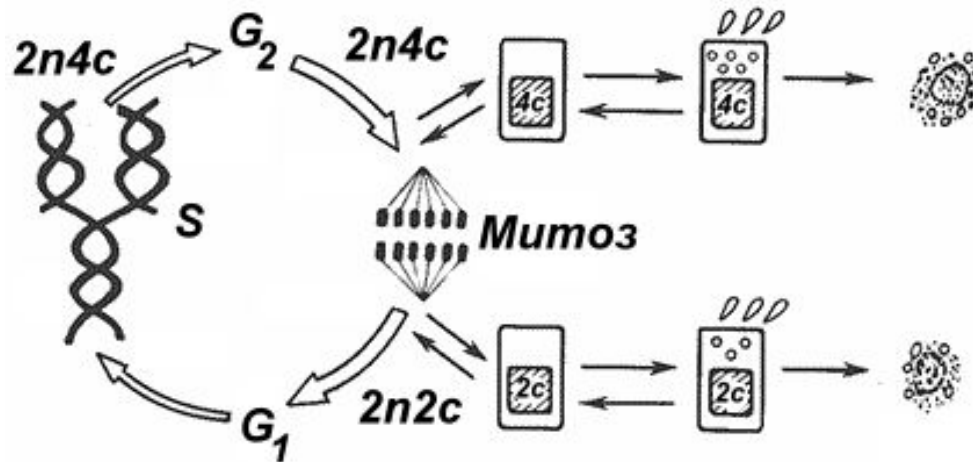
Тельце Барра обнаруживается при хромосомном наборе 46, XX (нормальные женщины); 47, XXУ и 48, XXУУ ( синдром Клайнфельтера).

# Клеточный цикл





# Клеточный цикл

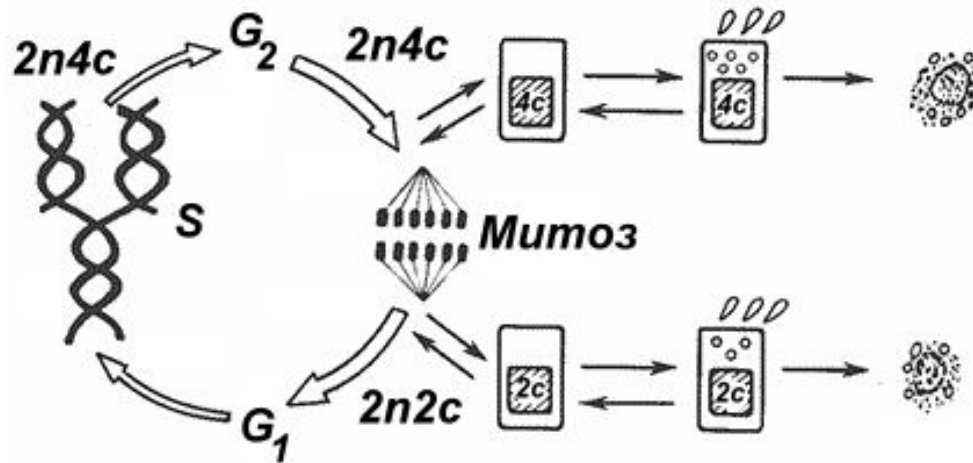


Продолжительность интерфазы, как правило, составляет до 90% всего клеточного цикла. Состоит из трех периодов:

пресинтетического (G<sub>1</sub>), синтетического (S), постсинтетического (G<sub>2</sub>).

**Пресинтетический период.** Набор хромосом – 2n, диплоидный, количество ДНК – 2с, в каждой хромосоме по одной молекуле ДНК. **Период роста**, начинающийся непосредственно после митоза. Самый длинный период интерфазы, продолжительность которого в клетках составляет от 10 часов до нескольких суток.

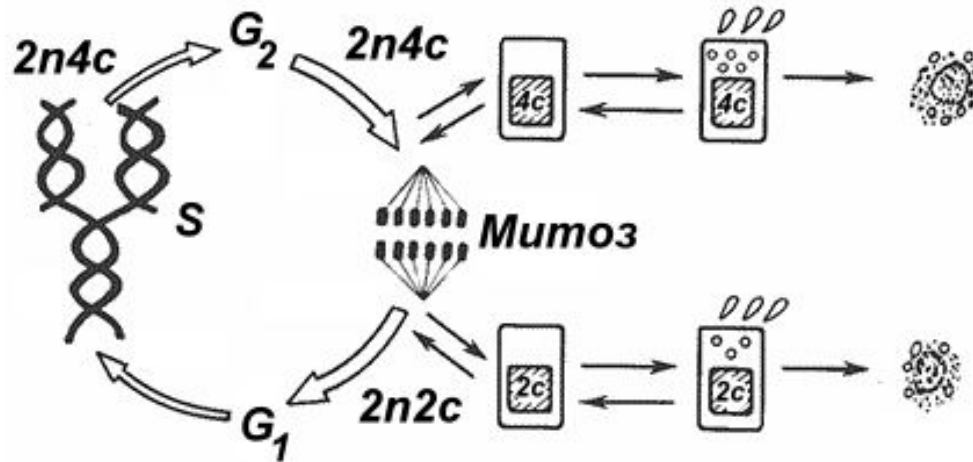
# Клеточный цикл



**Синтетический период.** Продолжительность синтетического периода различна: от нескольких минут у бактерий до 6-12 часов в клетках млекопитающих.

Во время синтетического периода происходит самое главное событие интерфазы — **удвоение молекул ДНК**. Каждая хромосома становится двуххроматидной, а число хромосом не изменяется (**2n4c**).

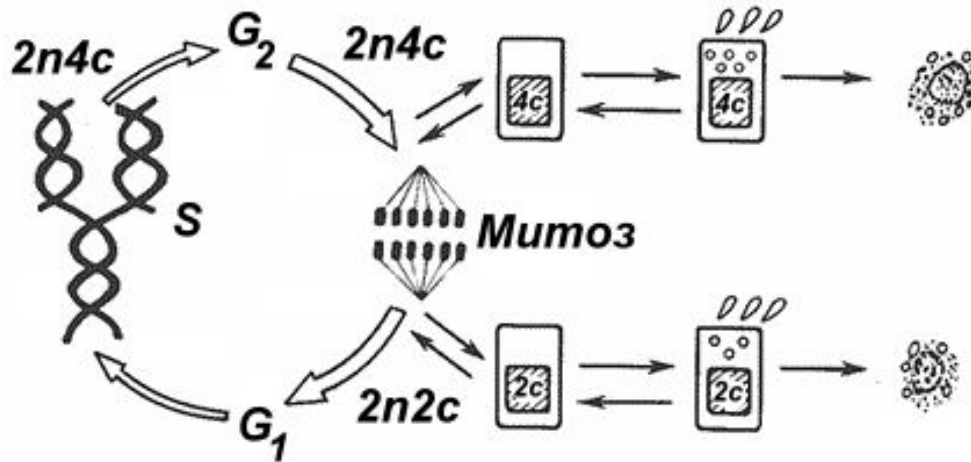
# Клеточный цикл



**Постсинтетический период (2n4c).** Начинается после завершения синтеза (репликации) ДНК.

Если пресинтетический период осуществлял рост и подготовку к синтезу ДНК, то постсинтетический обеспечивает подготовку клетки к делению и также характеризуется интенсивными процессами синтеза и увеличения числа органоидов.

## Деление клеток

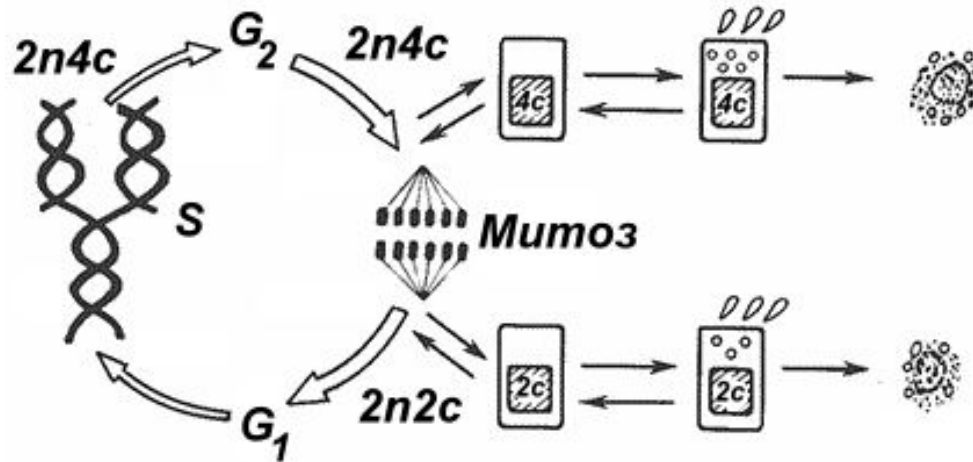


**Митоз** — не прямое деление клеток, представляющее собой непрерывный процесс, в результате которого происходит равномерное распределение наследственного материала между дочерними клетками.

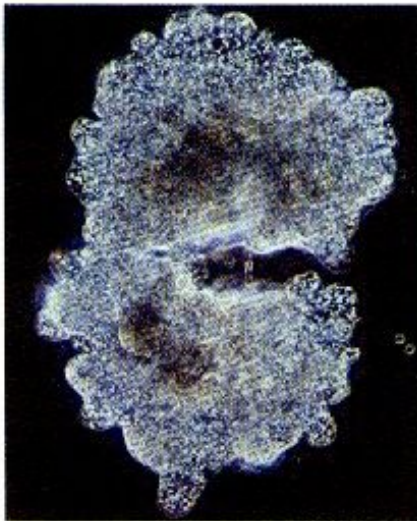
В результате митоза образуется две клетки, каждая из которых содержит столько же хромосом, сколько их было в материнской. **Дочерние клетки генетически идентичны родительской.**



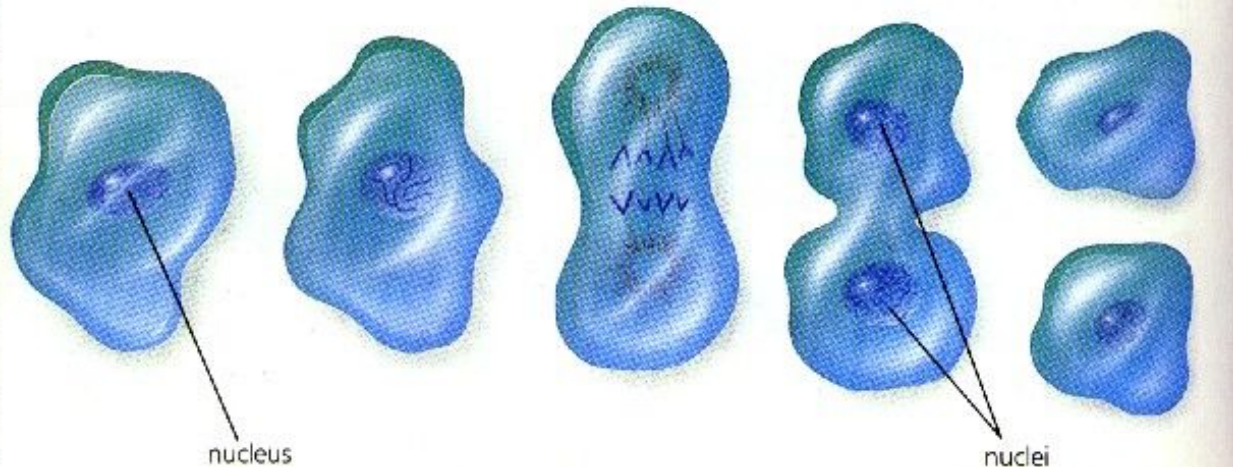
# Деление клеток



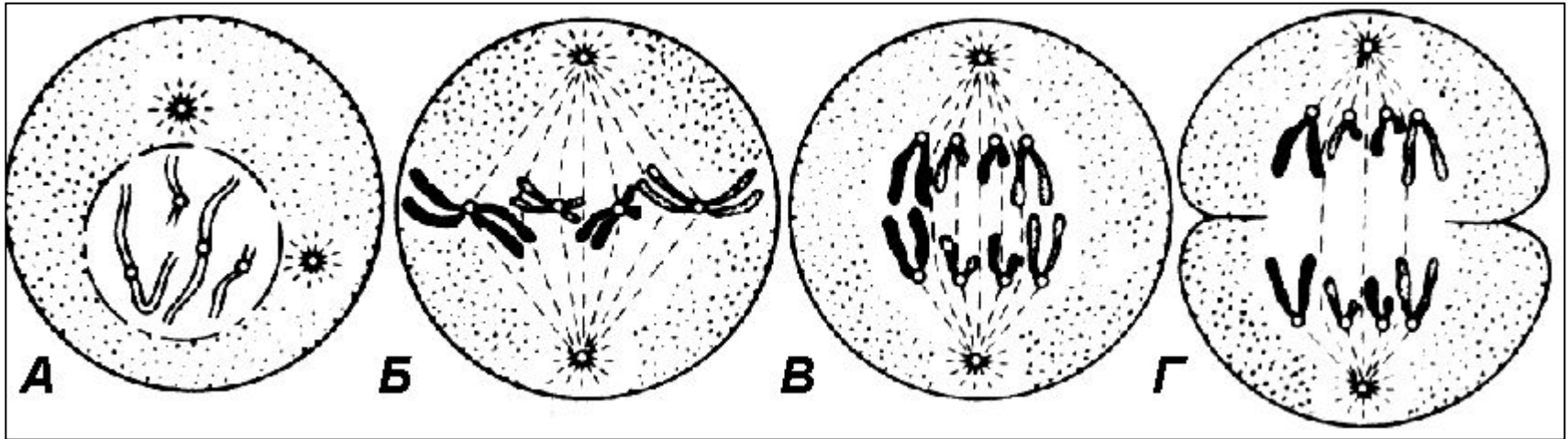
Митоз представляет собой один из главных механизмов **размножения одноклеточных организмов, роста многоклеточных организмов и регенерации.**



Binary Fission in the Ameba



# Митотический цикл



Для удобства изучения происходящих во время деления событий митоз искусственно разделяют на четыре стадии: профазу, метафазу, анафазу, телофазу.

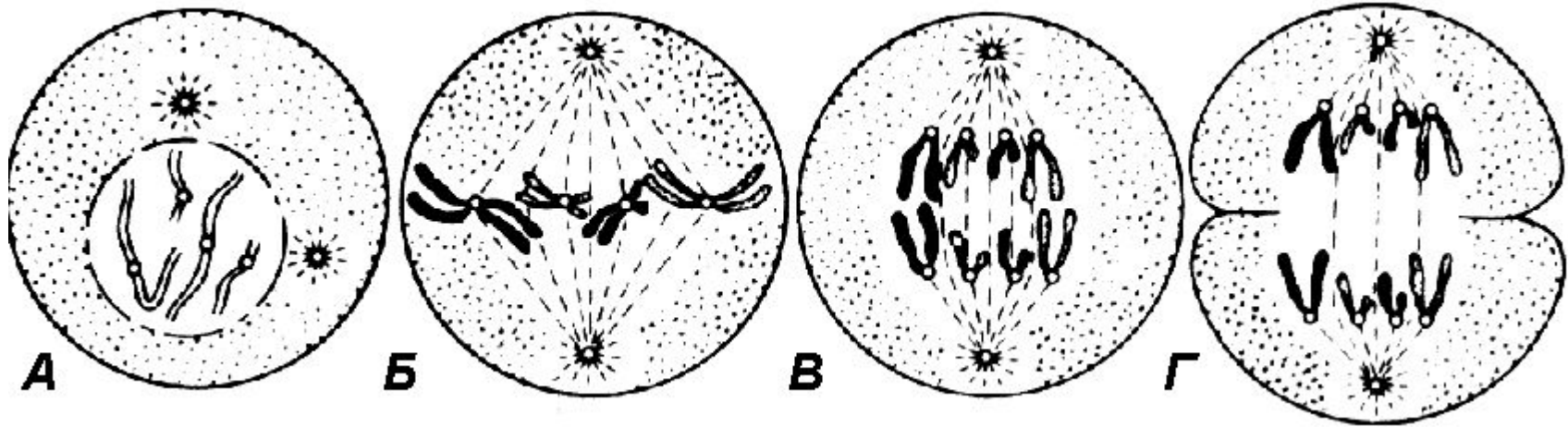
**Профаза ( $2n4c$ ).** Первая фаза деления ядра.

Происходит спирализация хромосом. В поздней профазе хорошо видно, что каждая хромосома состоит из двух хроматид, соединенных центромерой.

Формируется веретено деления. Оно образуется либо с участием centrioles (в клетках животных и некоторых низших растений), либо без них (в клетках высших растений и некоторых простейших).

Начинает растворяться ядерная оболочка

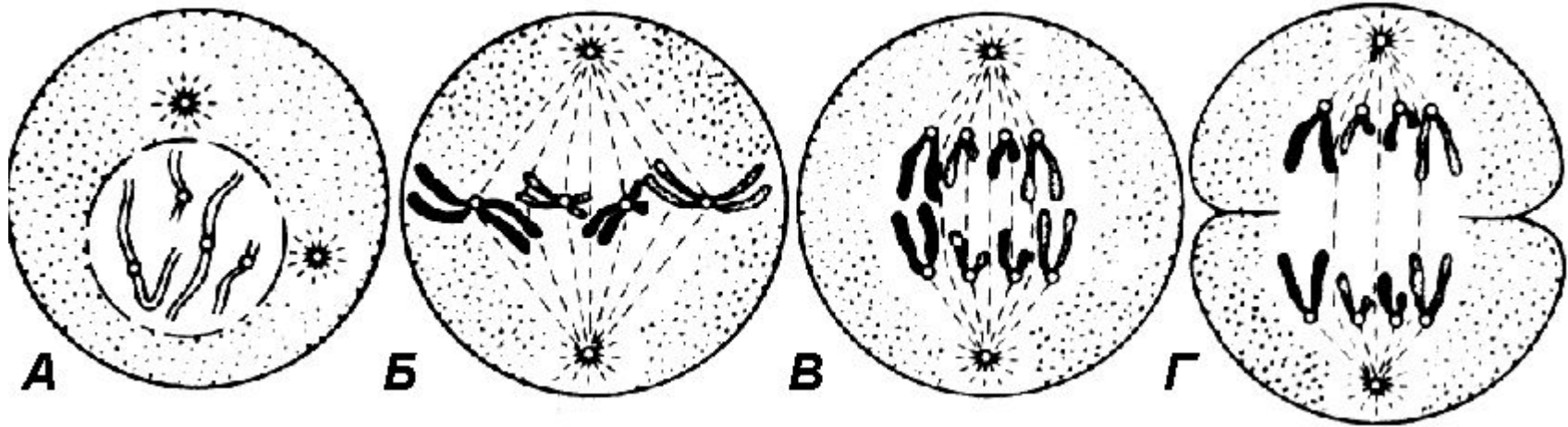
## Митотический цикл



**Метафаза ( $2n4c$ ).** Началом метафазы считают тот момент, когда ядерная оболочка полностью исчезла. В начале метафазы хромосомы выстраиваются в плоскости экватора, образуя так называемую *метафазную пластинку*. Причем центромеры хромосом лежат строго в плоскости экватора.

Нити веретена прикрепляются к центромерам хромосом, некоторые нити проходят от полюса к полюсу клетки, не прикрепляясь к хромосомам.

## Митотический цикл



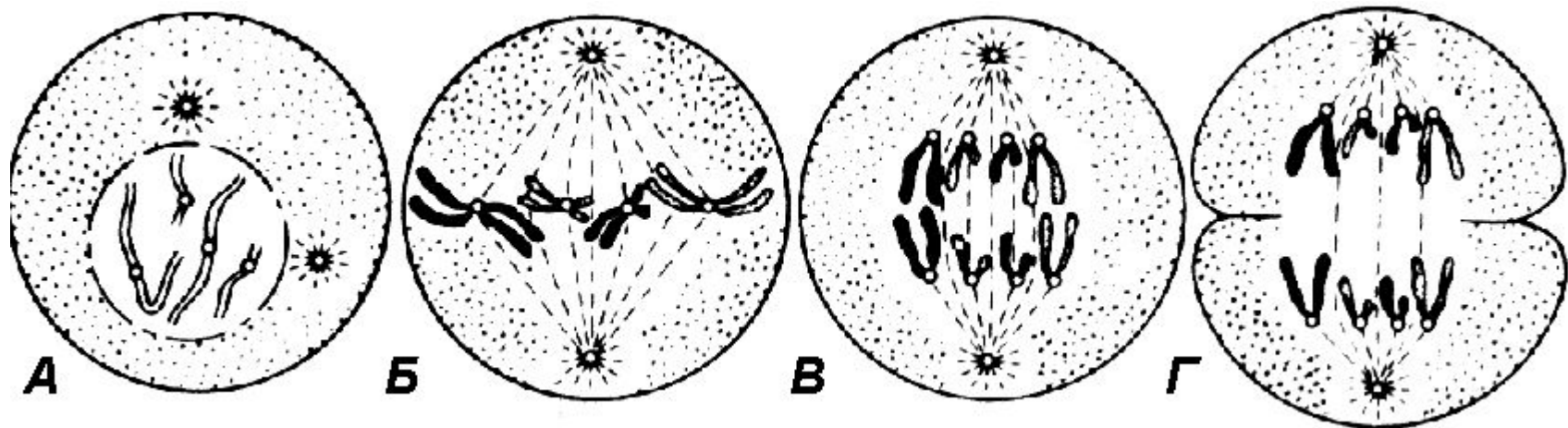
**Анафаза ( $4n4c$ ).** Делятся центромеры хромосом и у каждой хроматиды появляется своя центромера.

Затем нити веретена растаскивают за центромеры дочерние хромосомы к полюсам клетки. Во время движения к полюсам они обычно принимают V-образную форму.

Расхождение хромосом к полюсам происходит за счет укорачивания нитей веретена.



## Митотический цикл



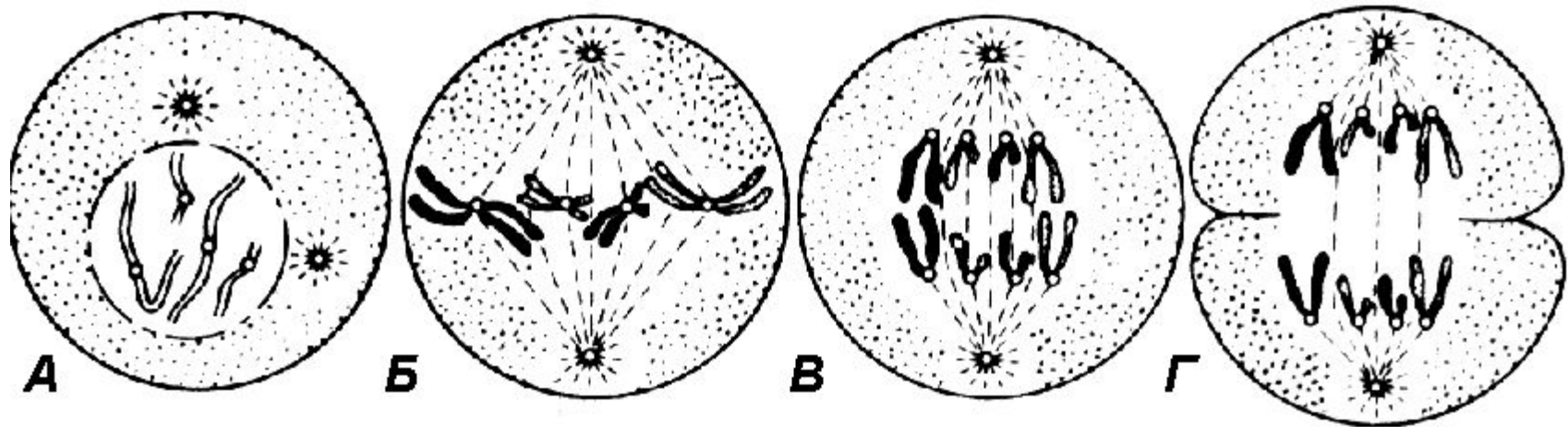
**В телофазу происходят процессы:**

Хромосомы деспирализуются. Веретено деления разрушается. Вокруг хромосом формируется оболочка ядер дочерних клеток.

На этом завершается деление ядра (кариокинез), затем происходит деление цитоплазмы клетки (или цитокинез).

$(2n2c)$

# Митотический цикл



## Телофаза ( $2n2c$ ).

В телофазе хромосомы **деспирализуются**.

**Веретено деления разрушается**.

**Вокруг хромосом формируется оболочка ядер дочерних клеток.**

На этом завершается деление ядра (**кариокинез**), затем происходит деление цитоплазмы клетки (**или цитокинез**).

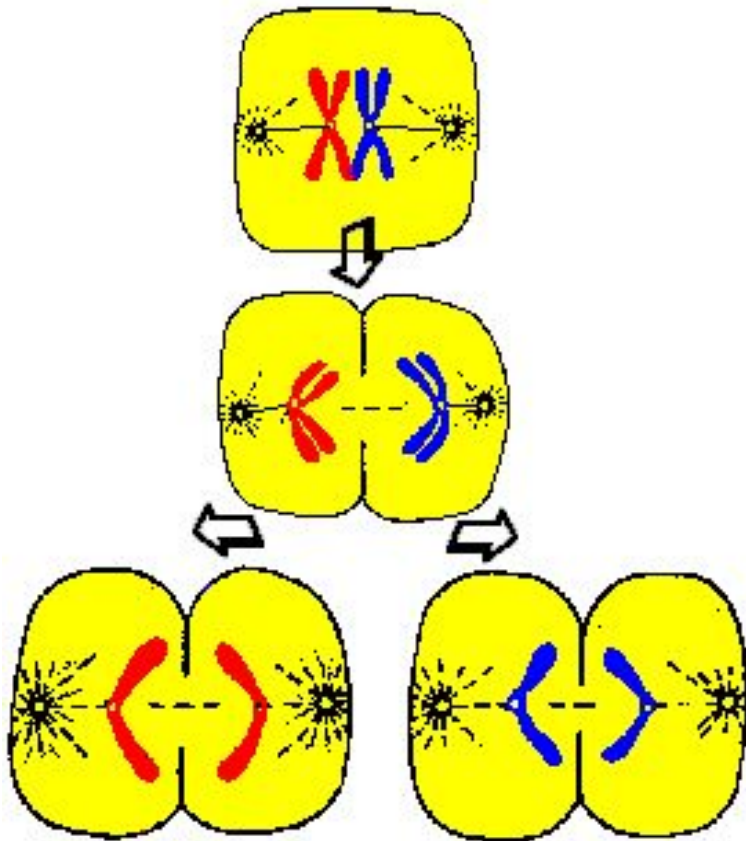
**При делении животных клеток в плоскости экватора появляется борозда, которая, постепенно углубляясь, разделяет материнскую клетку на две дочерние.**

## Мейоз

Мейоз — основной этап гаметогенеза, т.е. образования половых клеток.

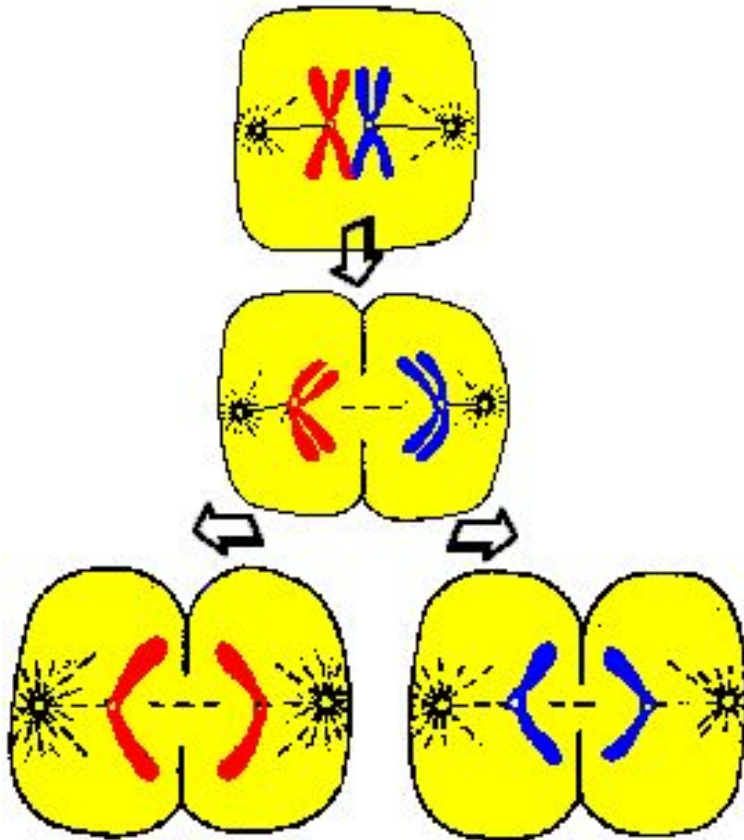
Во время мейоза происходит не одно (как при митозе), а два следующих друг за другом клеточных деления. Первому мейотическому делению предшествует интерфаза I — фаза подготовки клетки к делению, в это время происходят те же процессы, что и в интерфазе митоза.

Первое мейотическое деление называют **редукционным** — образуются **две клетки с гаплоидным набором хромосом**, однако хромосомы остаются **двухроматидными**.



## Мейоз

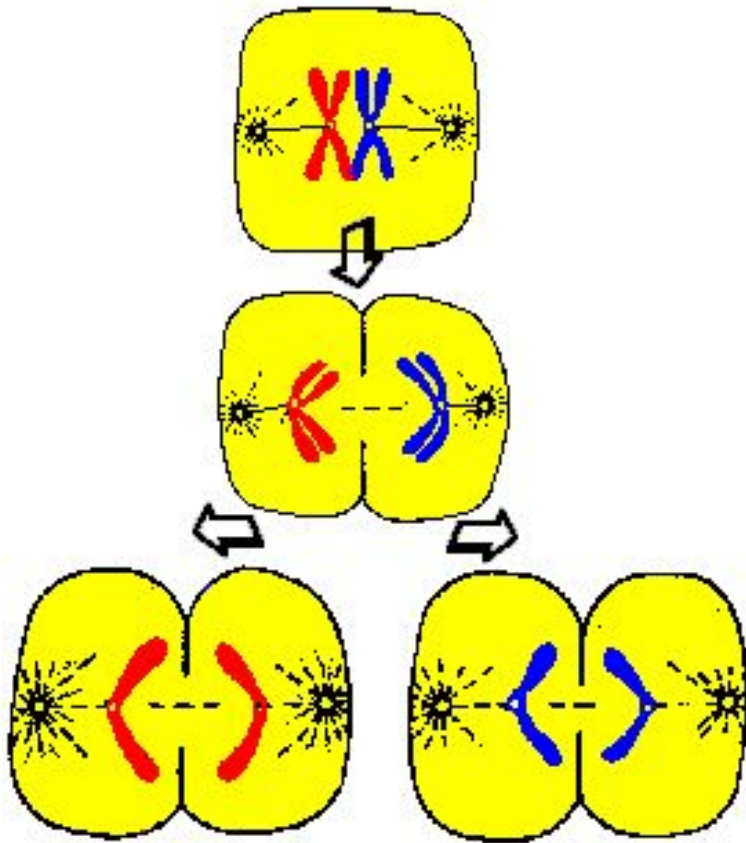
Сразу же после первого деления мейоза совершается второе — обычный митоз. Это деление называют **эквационным**, так как во время этого деления **хромосомы становятся однохроматидными**.



### Биологическое значение мейоза:

Благодаря мейозу поддерживается постоянство диплоидного набора хромосом в соматических клетках. В процессе оплодотворения гаплоидные гаметы сливаются, образуя диплоидную зиготу. Зигота делится митозом, образуются соматические клетки с диплоидным набором хромосом.

# Мейоз



Благодаря мейозу образуются генетически различные клетки, как между собой, так и с исходной материнской клеткой.

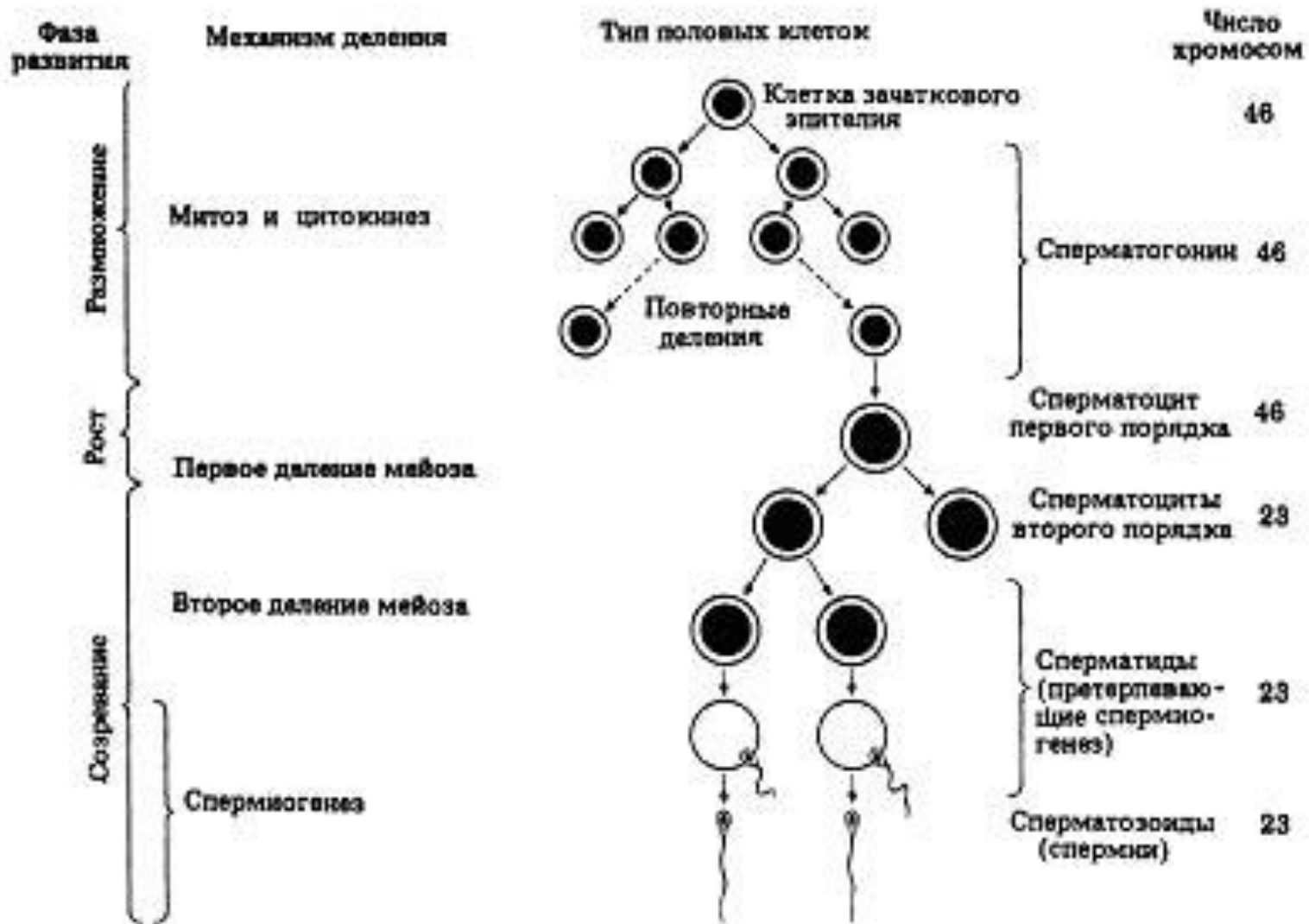
Генотипы этих клеток различны, т. к. в процессе мейоза происходит трижды перекомбинация генетического материала:

1. За счет кроссинговера;
2. За счет случайного, независимого расхождения гомологичных хромосом;
3. За счет случайного расхождения хроматид.

Сперматогенез: периоды размножения, роста, созревания, формирования



# Сперматогенез

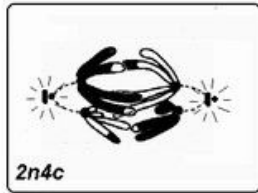


# Первое деление мейоза

Мейоз, редукционное деление



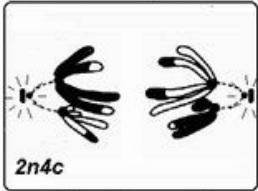
Лептотена



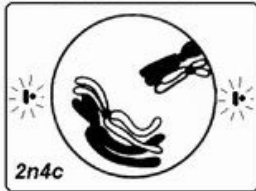
Метафаза 1



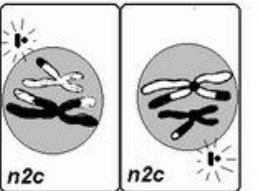
Зиготена



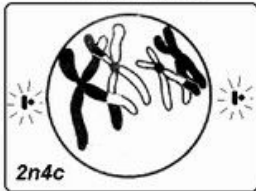
Анафаза 1



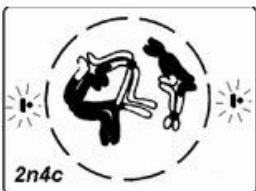
Пахитена



Телофаза 1



Диплотена



Диакинез

**Профаза I** — профаза первого деления очень сложная и состоит из 5 стадий:

Фаза **лептотены** или лептонемы — конденсация ДНК с образованием хромосом в виде тонких нитей.

**Зиготена** или зигонема — конъюгация (соединение) гомологичных хромосом с образованием структур, состоящих из двух соединённых хромосом, называемых **тетрадами** или **бивалентами**.

**Пахитена** или пахинема — **кроссинговер** (перекрест) обмен участками между гомологичными хромосомами; гомологичные хромосомы остаются соединёнными между собой.

# Первое деление мейоза

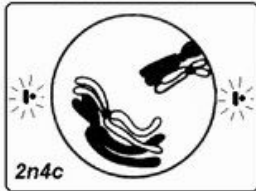
Мейоз, редукционное деление



Лептотена



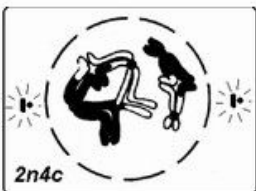
Зиготена



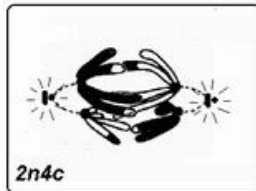
Пахитена



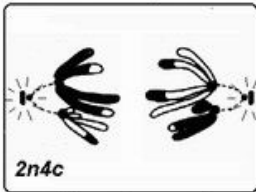
Диплотена



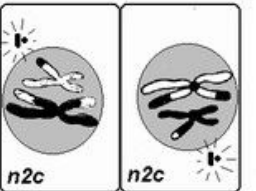
Диакинез



Метафаза 1



Анафаза 1



Телофаза 1

**Диплотена** или диплонема — происходит частичная деконденсация хромосом, при этом часть генома может работать, происходят процессы транскрипции (образование РНК), трансляции (синтез белка); *гомологичные хромосомы остаются соединёнными между собой.*

**Диакинез** — ДНК снова максимально конденсируется, синтетические процессы прекращаются, растворяется ядерная оболочка; *гомологичные хромосомы остаются соединёнными между собой.*

# Первое деление мейоза

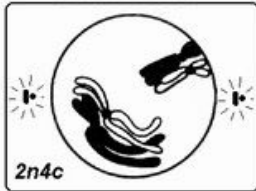
Мейоз, редукционное деление



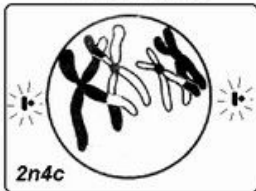
Лептотена



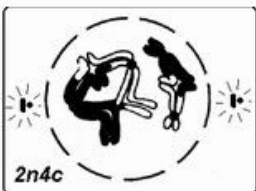
Зиготена



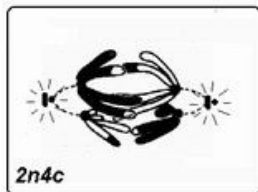
Пахитена



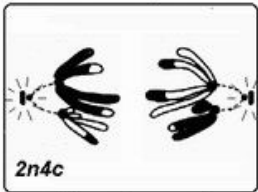
Диплотена



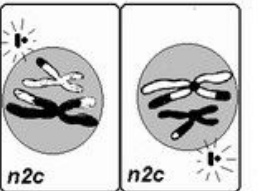
Диакинез



Метафаза 1



Анафаза 1



Телофаза 1

## Метафаза I ( $2n; 4c$ ).

Биваленты располагаются в плоскости экватора. Причем центромеры гомологичных хромосом обращены к разным полюсам клетки.

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.**

# Первое деление мейоза

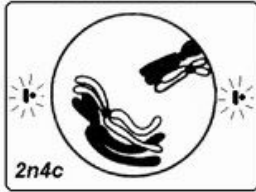
Мейоз, редукционное деление



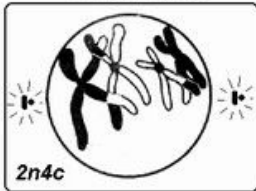
Лептотена



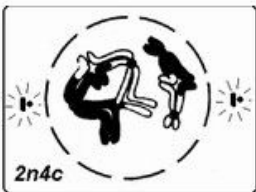
Зиготена



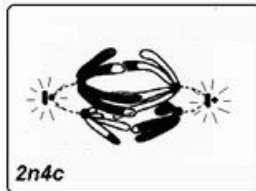
Пахитена



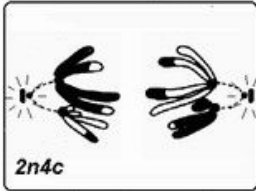
Диплотена



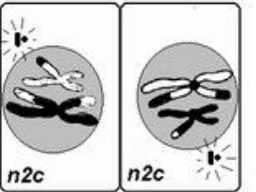
Диакинез



Метафаза 1



Анафаза 1



Телофаза 1

## Анафаза I ( $2n; 4c$ )

К полюсам расходятся целые хромосомы, а не хроматиды, как при митозе. У каждого полюса оказывается половина хромосомного набора.

Возникают самые разнообразные сочетания отцовских и материнских хромосом, происходит вторая рекомбинация генетического материала.



# Первое деление мейоза

## Телофаза I (1n; 2c)

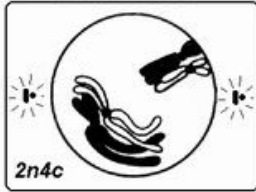
Мейоз, редукционное деление



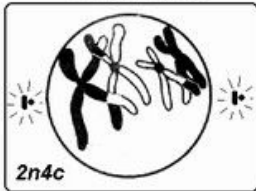
Лептотена



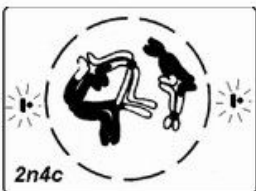
Зиготена



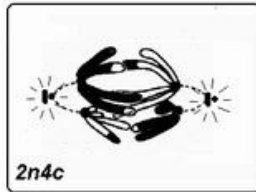
Пахитена



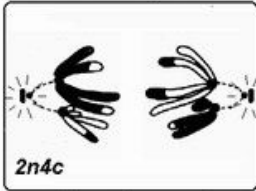
Диплотена



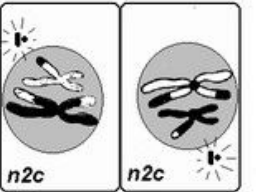
Диакинез



Метафаза 1



Анафаза 1

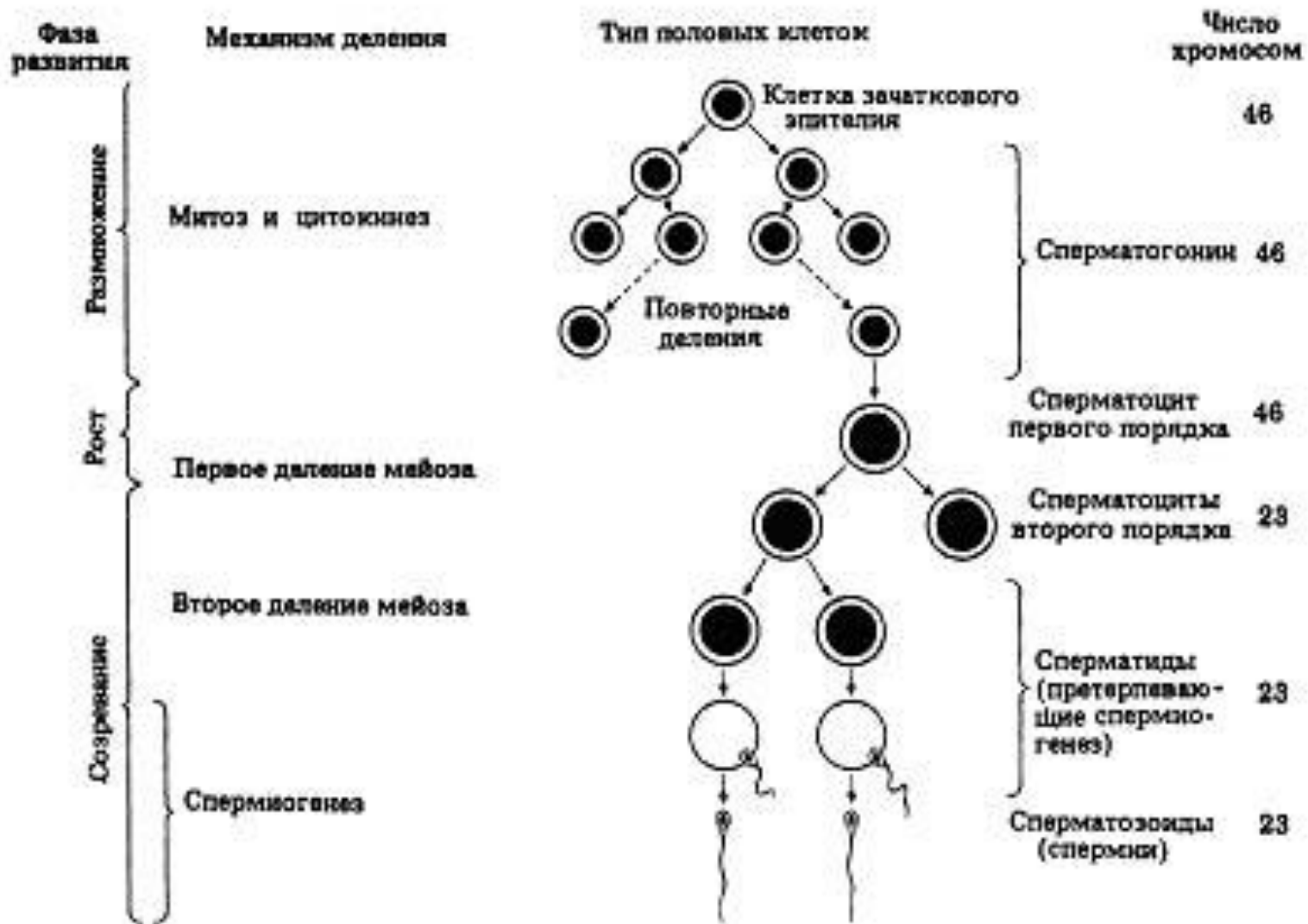


Телофаза 1

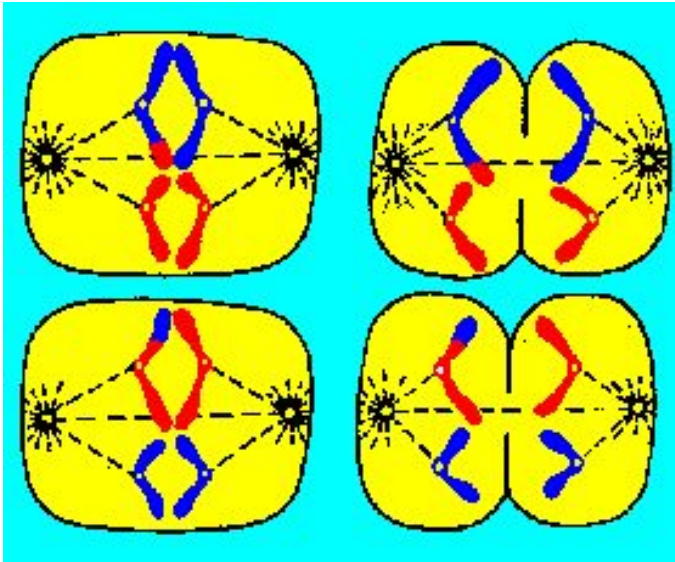
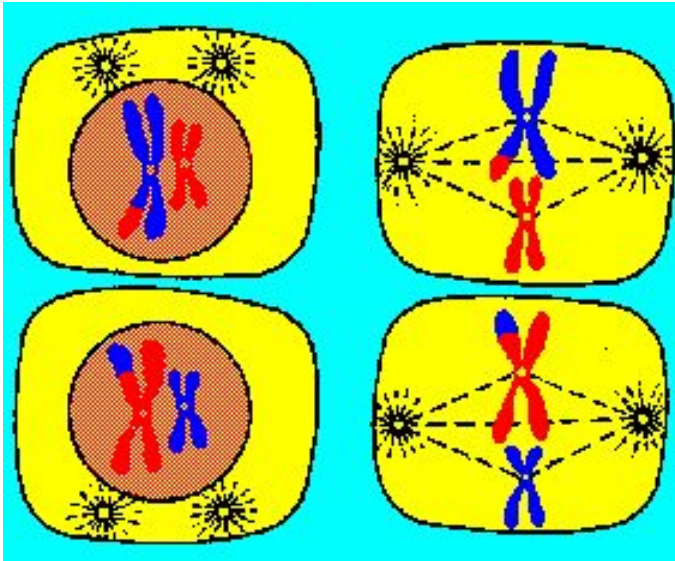
Хроматиды деспирализуются, вокруг них формируется ядерная оболочка. Затем происходит деление цитоплазмы.

Таким образом, в результате первого деления мейоза произошла редукция (уменьшение) числа хромосом с диплоидного до гаплоидного; **дважды произошла рекомбинация генов** (за счет кроссинговера и случайного и независимого расхождения хромосом в анафазе).

# Сперматогенез



## Второе деление мейоза

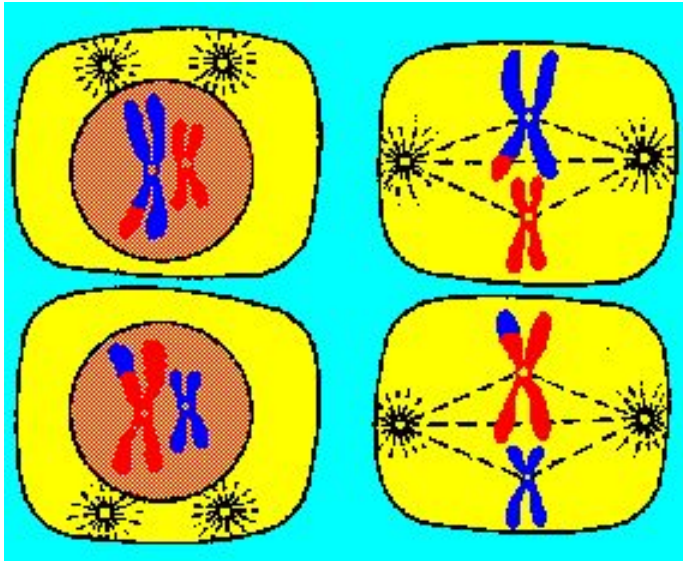


Второе деление мейоза следует непосредственно за первым, **без выраженной интерфазы: S-период отсутствует**, поскольку перед вторым делением не происходит репликации ДНК.

**Профаза II ( $1n; 2c$ ).** происходит конденсация хромосом, клеточный центр делится и продукты его деления расходятся к полюсам ядра, разрушается ядерная оболочка, образуется веретено деления.

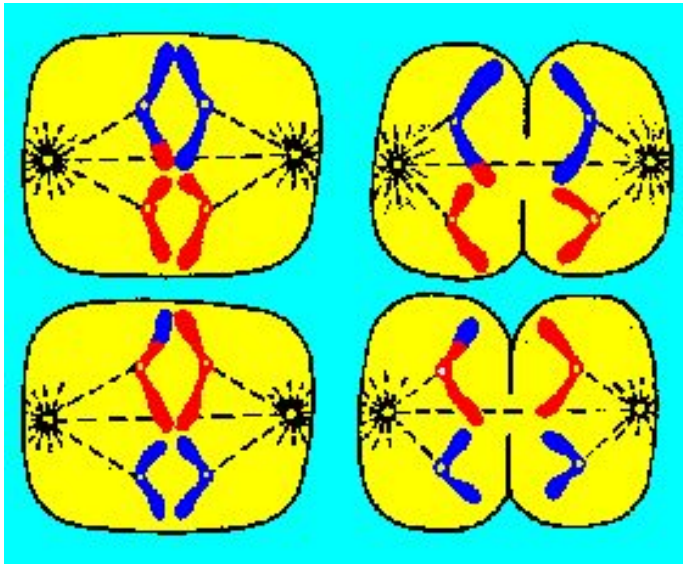
**Метафаза II ( $1n; 2c$ ).** унивалентные хромосомы (состоящие из двух хроматид каждая) располагаются на «экваторе» (на равном расстоянии от «полюсов» ядра) в одной плоскости, образуя так называемую метафазную пластинку.

## Второе деление мейоза



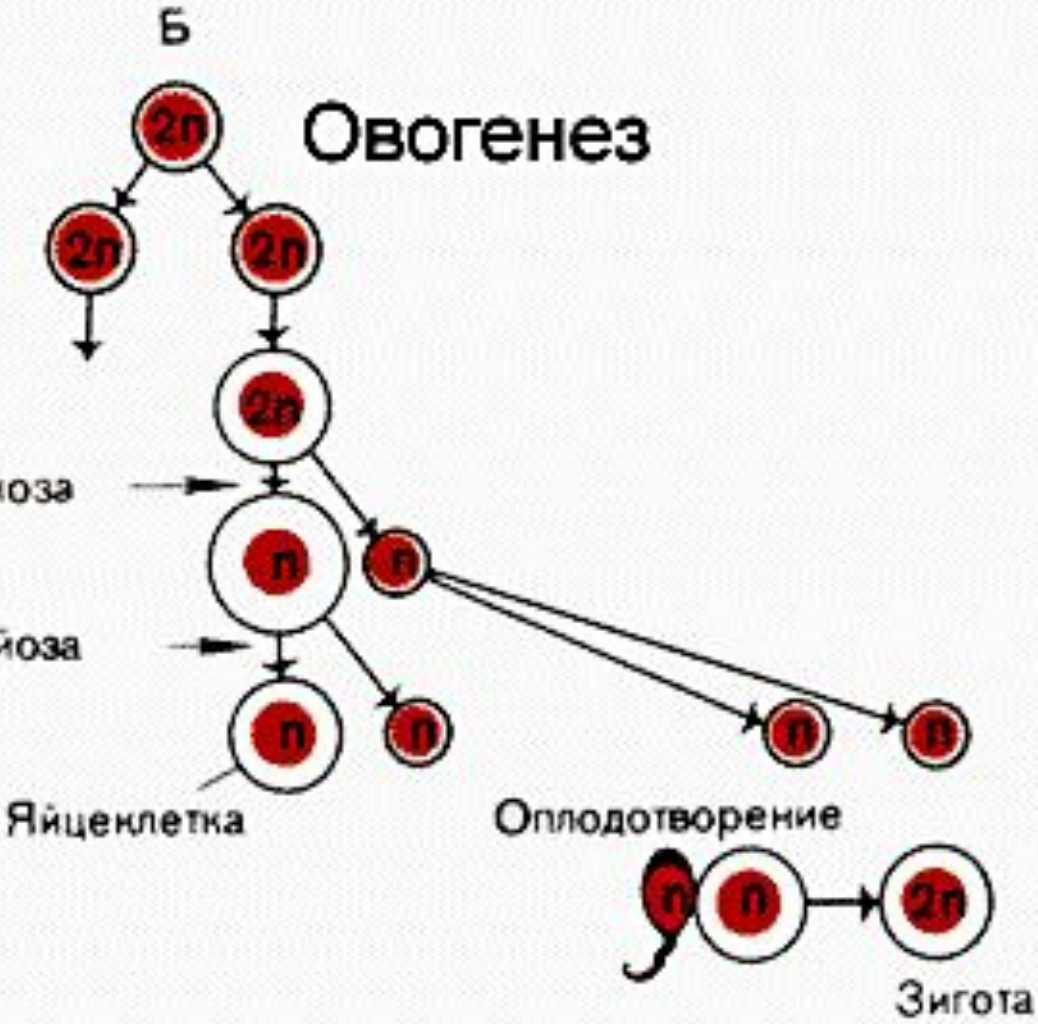
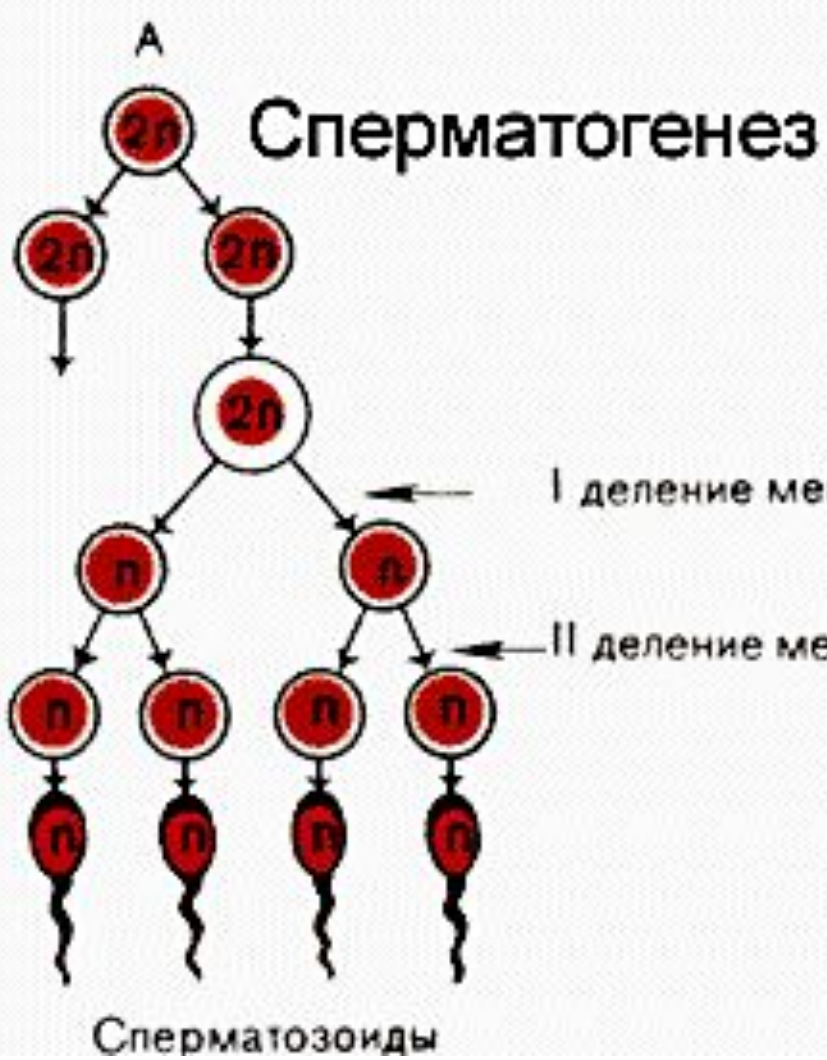
**Анафаза II** — униваленты делятся и хроматиды расходятся к полюсам.

**Телофаза II** — хромосомы деспирализуются и появляется ядерная оболочка.



В результате из одной диплоидной клетки образуется четыре гаплоидных клетки.





I деление мейоза

II деление мейоза

Оплодотворение

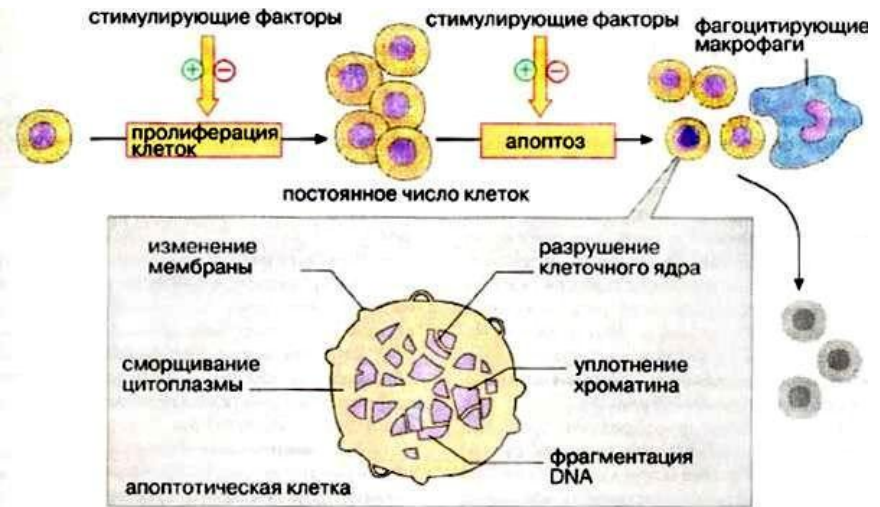
Зигота



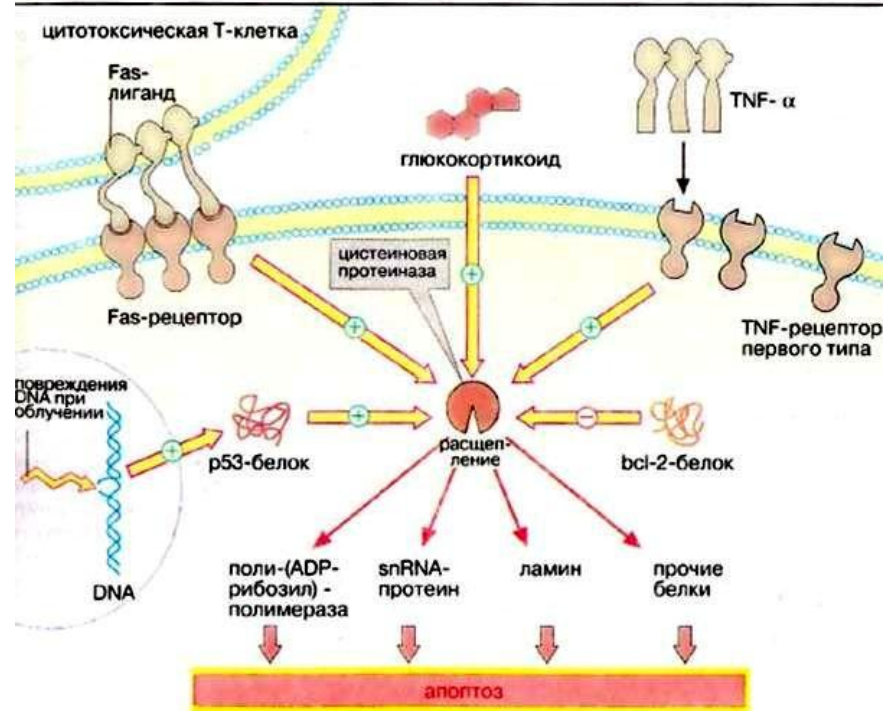
# АПОТОЗ

Количество клеток в ткани регулируется двумя процессами — **пролиферацией** клеток и "программированной, или физиологической, гибелью клеток" (**апоптозом**).

Оба процесса в организме находятся под контролем **стимулирующих** или **ингибирующих** факторов, которые присутствуют в растворимой форме или экспрессируются на поверхности соседних клеток.



А. Проплиферация клеток и апоптоз

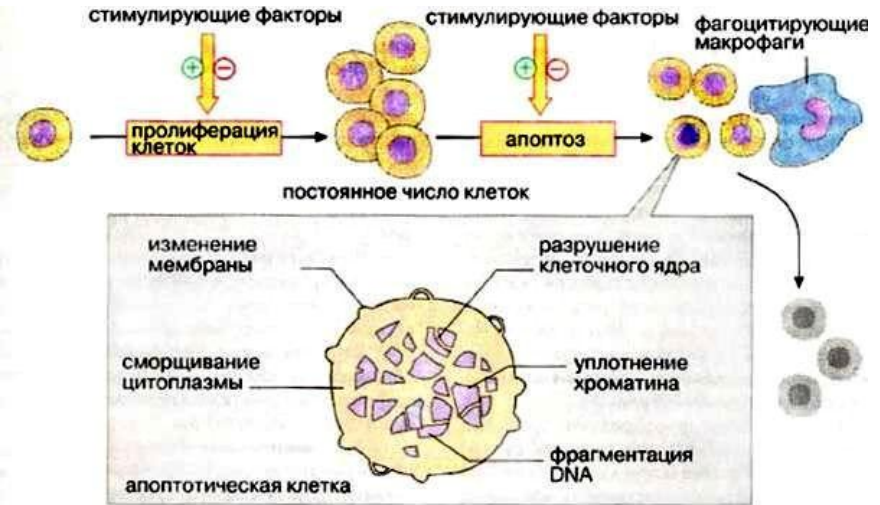


Б. Регуляция апоптоза

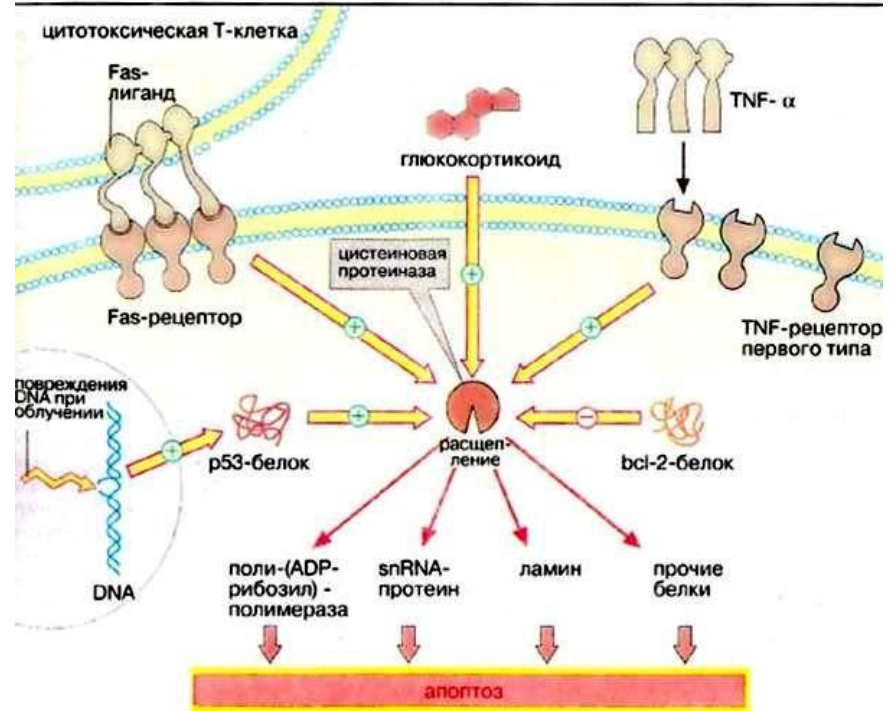
# АПОТОЗ

Посредством апоптоза организм избавляется от **ненужных**, или **«отработавших»** клеток, например во время эмбрионального развития, при формировании нервной системы и при иммунном ответе.

Путем апоптоза элиминируются трансформированные клетки, например при **канцерогенной дегенерации, вирусной инфекции** (вирусы своими белками блокируют апоптоз) или **необратимом повреждении ДНК в случае облучения**. Примером апоптоза является шелушение кожи при солнечном загаре.



А. Проплиферация клеток и апоптоз



Б. Регуляция апоптоза