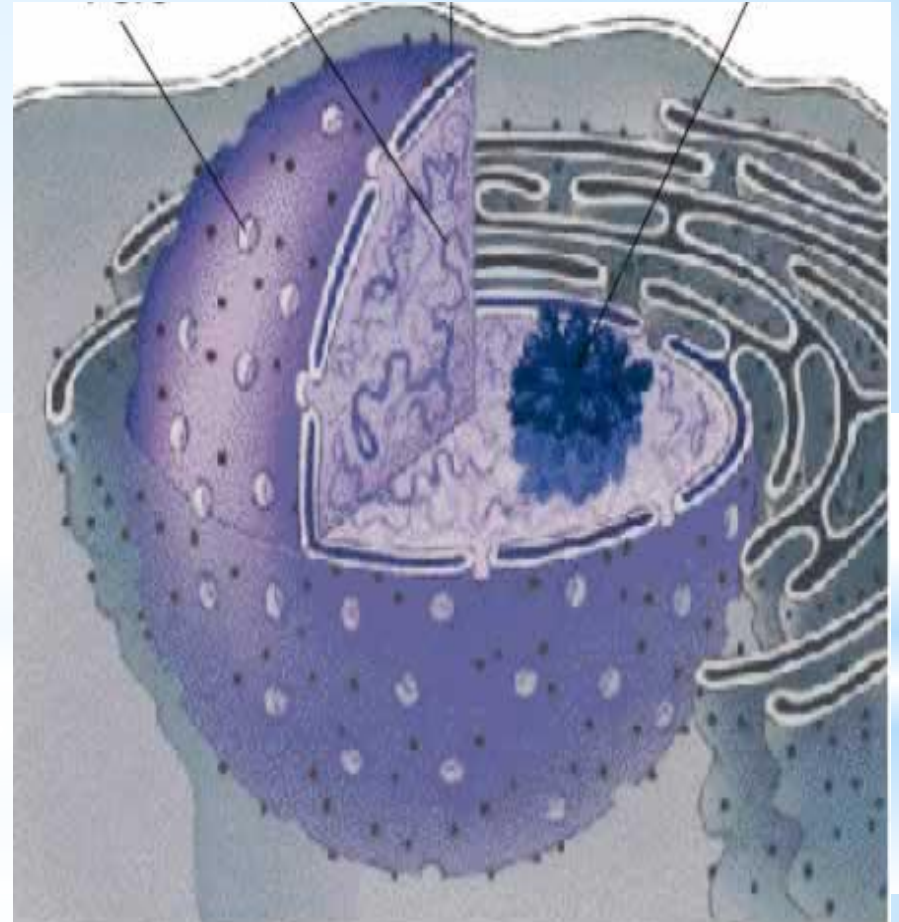


# Ядро строение и функции



09/10/2015

# Общие сведения о ядре:

Ядро-один из структурных компонентов клетки, содержащий генетическую информацию и выполняющий ее хранение, передачу и реализацию с обеспечением синтеза белка.

В состав ядра входят:

- ядерная оболочка;
- кариоплазма;
- ядрышко;
- хроматин;
- ядерный белковый матрикс.



В 30-х годах 19 века шотландский ученый Роберт Броун (1773-1858) сделал очень важное открытие. Он обнаружил внутри клетки плотное круглое образование, которое назвал ядром.



*Роберт Броун*



# История открытия ядра и КОМПОНЕНТОВ

1833г. - Броун впервые применил термин «ядро» для обозначения шаровидных постоянных структур в клетках растений.

1880 г. - Флемминг выявил «хроматин» в ядре.

1883 г.- Эдвард ван Бенеден

Митоз и мейоз.

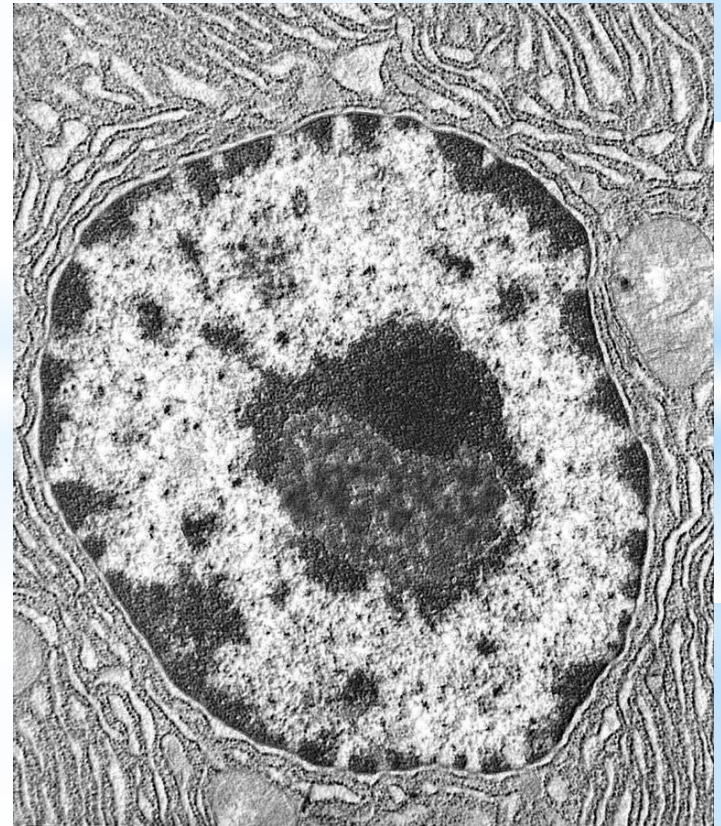
1887 г. - Август Вейсман  
хромосом.

Изучение



# Функции ядра:

1. Хранение, воспроизведение и передача наследственной информации из поколения в поколение.
2. Управление жизнедеятельностью клетки и координация процессов, происходящих в ней.
3. Осуществление взаимосвязи всех органелл клетки.



# Происхождение ядра

**Выдвинуто 4 основных гипотезы происхождения клеточного ядра:**

1. Гипотеза, **«синтропная модель»**, предполагает что ядро возникло в результате симбиотических взаимоотношений между археей и бактерией (ни археи, ни бактерии не имеют оформленных клеточных ядер).

По этой гипотезе, симбиоз возник, когда древняя архея (сходная с современными метаногенными археями), проникла в бактерию (сходную с современными Миксобактериями<sup>1</sup>).

**Доказательством гипотезы является наличие одинаковых генов у эукариот и архей, в частности генов гистонов.**

*Миксобактерии - порядок класса дельта-протеобактерий. Миксобактерии распространены в почвах, способны к скользящему движению и обладают относительно большим для бактерий геномом, состоящим из 9—10 миллионов нуклеотидов.*

2. Согласно **второй** гипотезе, прото-эукариотическая клетка эволюционировала из бактерии без стадии симбиоза.

Доказательством модели является *существование современных бактерий из отряда Planctomycetes, которые имеют ядерные структуры с примитивными порами и другие клеточные компартменты, ограниченные мембранами.*



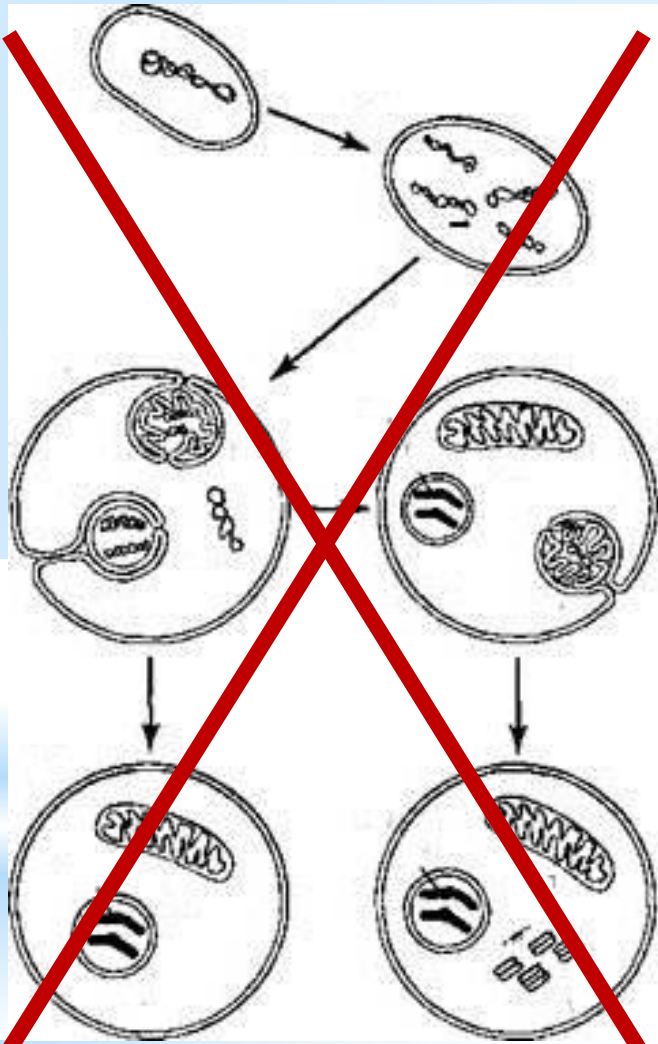
3. Согласно гипотезе *вирусного эукариогенеза*, окруженное мембраной ядро, как и другие эукариотические элементы, произошли вследствие инфекции прокариотической клетки вирусом.

Это предположение основывается на *наличии общих черт у эукариот и некоторых вирусов.*

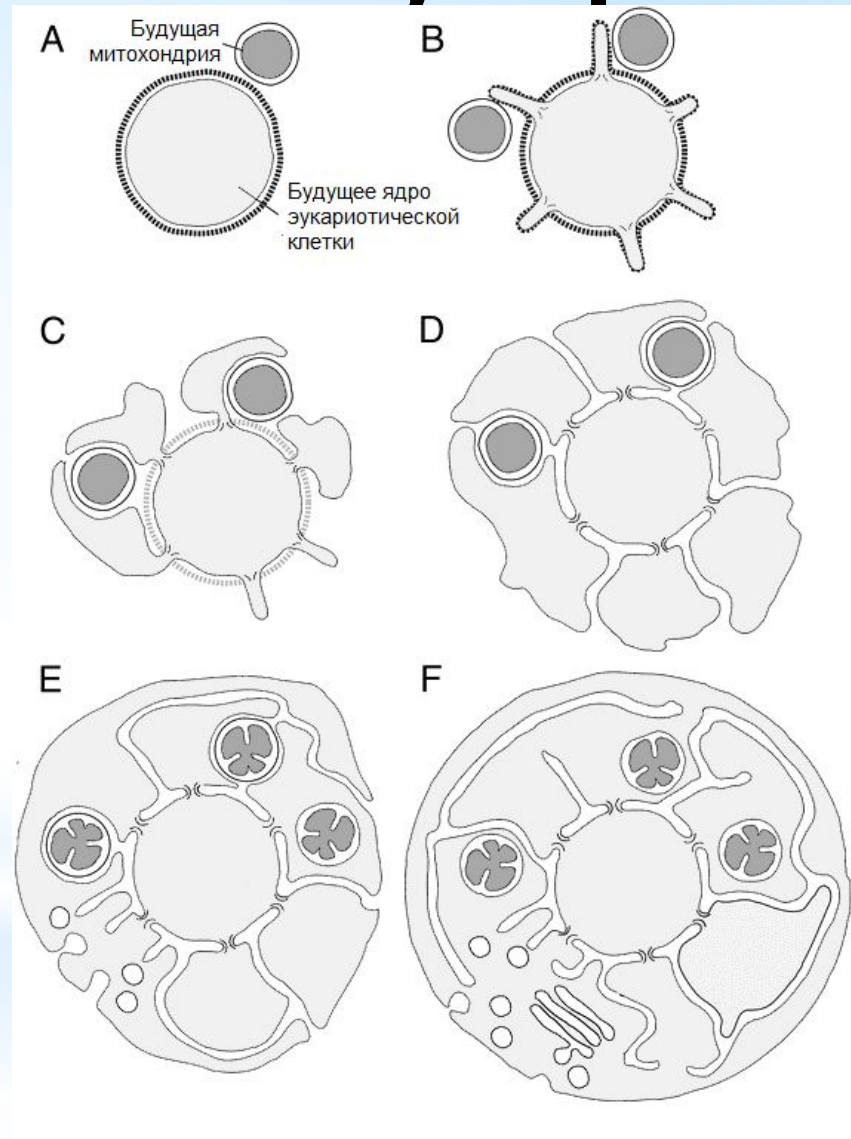


4. Наиболее новая гипотеза, названная *экзо мембранной гипотезой*, утверждает, что ядро произошло от одиночной клетки, которая в процессе эволюции выработала вторую внешнюю клеточную мембрану; первичная клеточная мембрана после этого превратилась в ядерную мембрану, и в ней образовалась сложная система поровых структур (ядерных пор) для транспорта клеточных компонентов, синтезированных внутри ядра.

# \* Происхождение эукариот



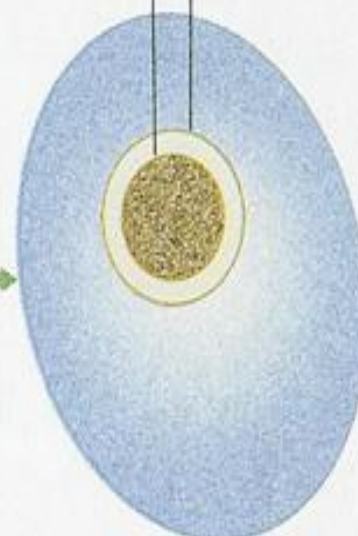
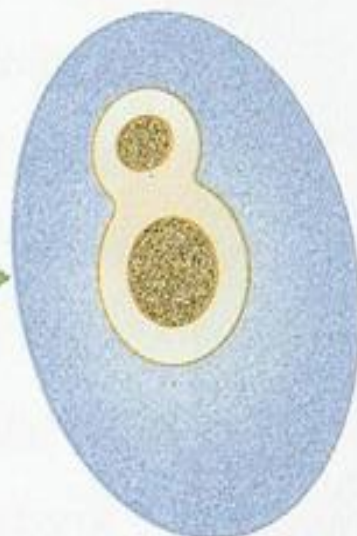
Симбиотическая гипотеза



Происхождение эукариот  
«наизнанку»



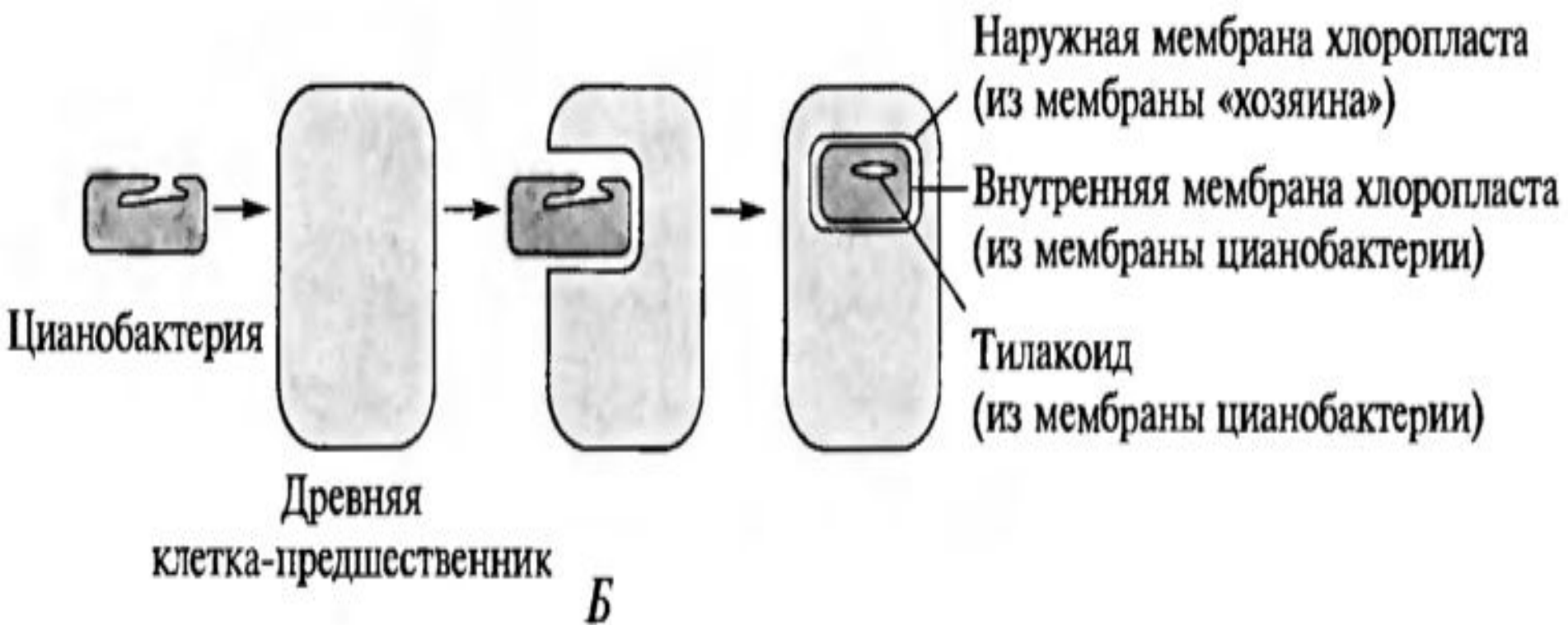
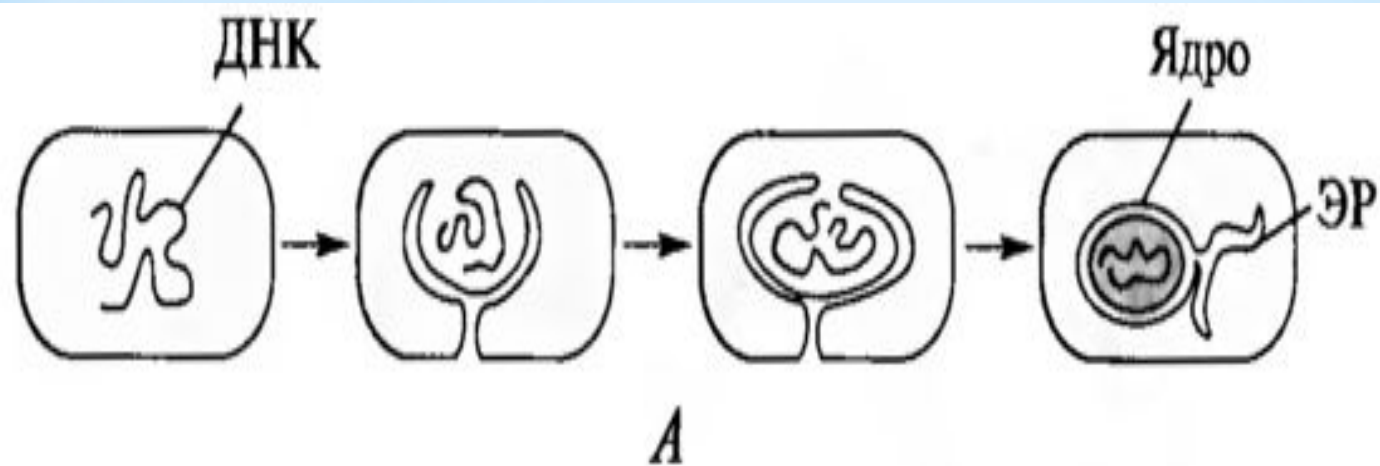
Независимые свободно живущие  
прокариотические клетки



Двухслойная  
мембрана

Эукариотическая  
клетка





Эукариоты

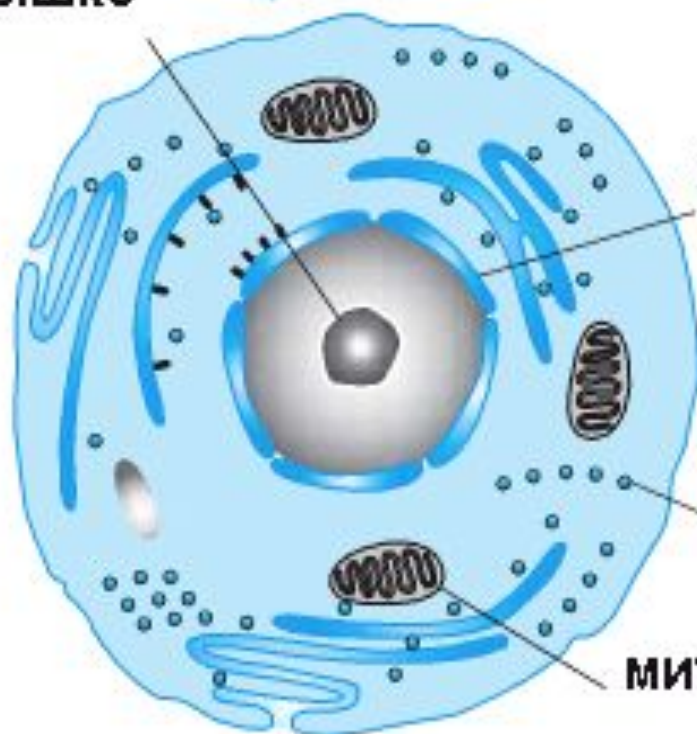


Прокариоты



10  $\mu\text{m}$

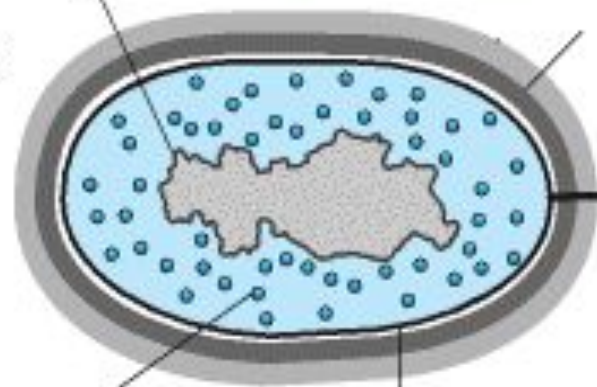
ядрышко



нуклеоид

ядро

клеточная  
стенка



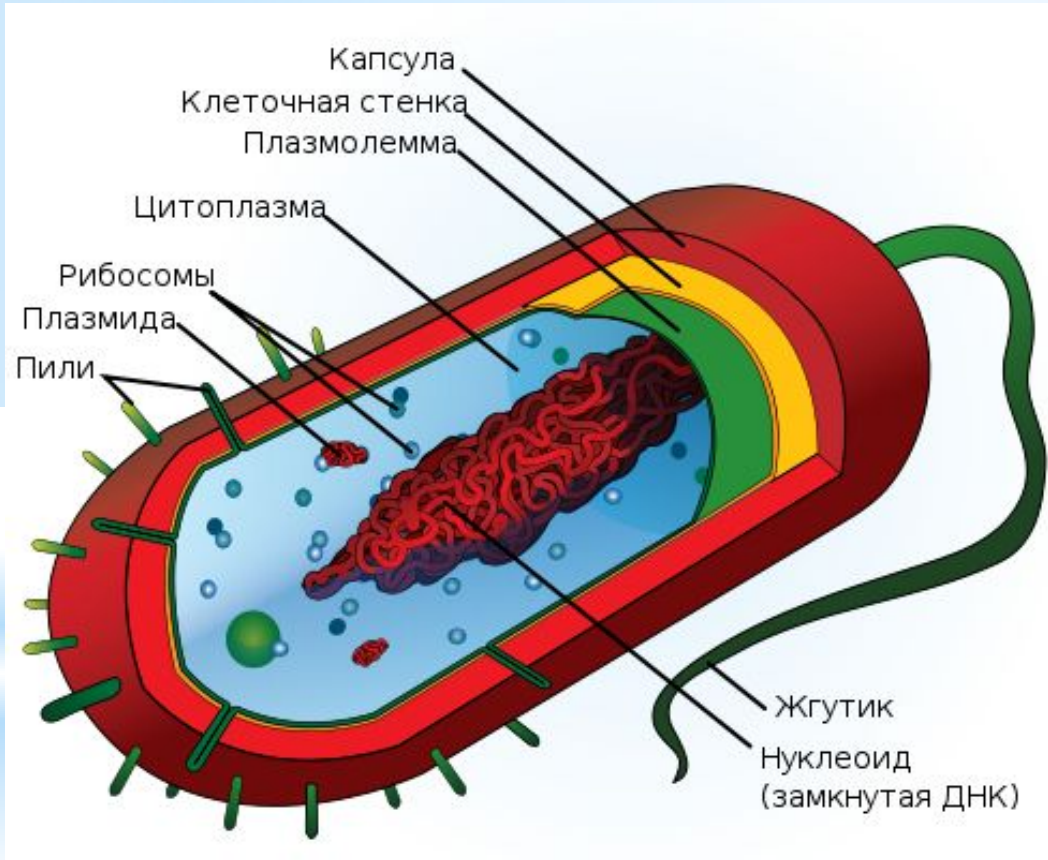
рибосомы

мембрана

жгутик

митохондрия

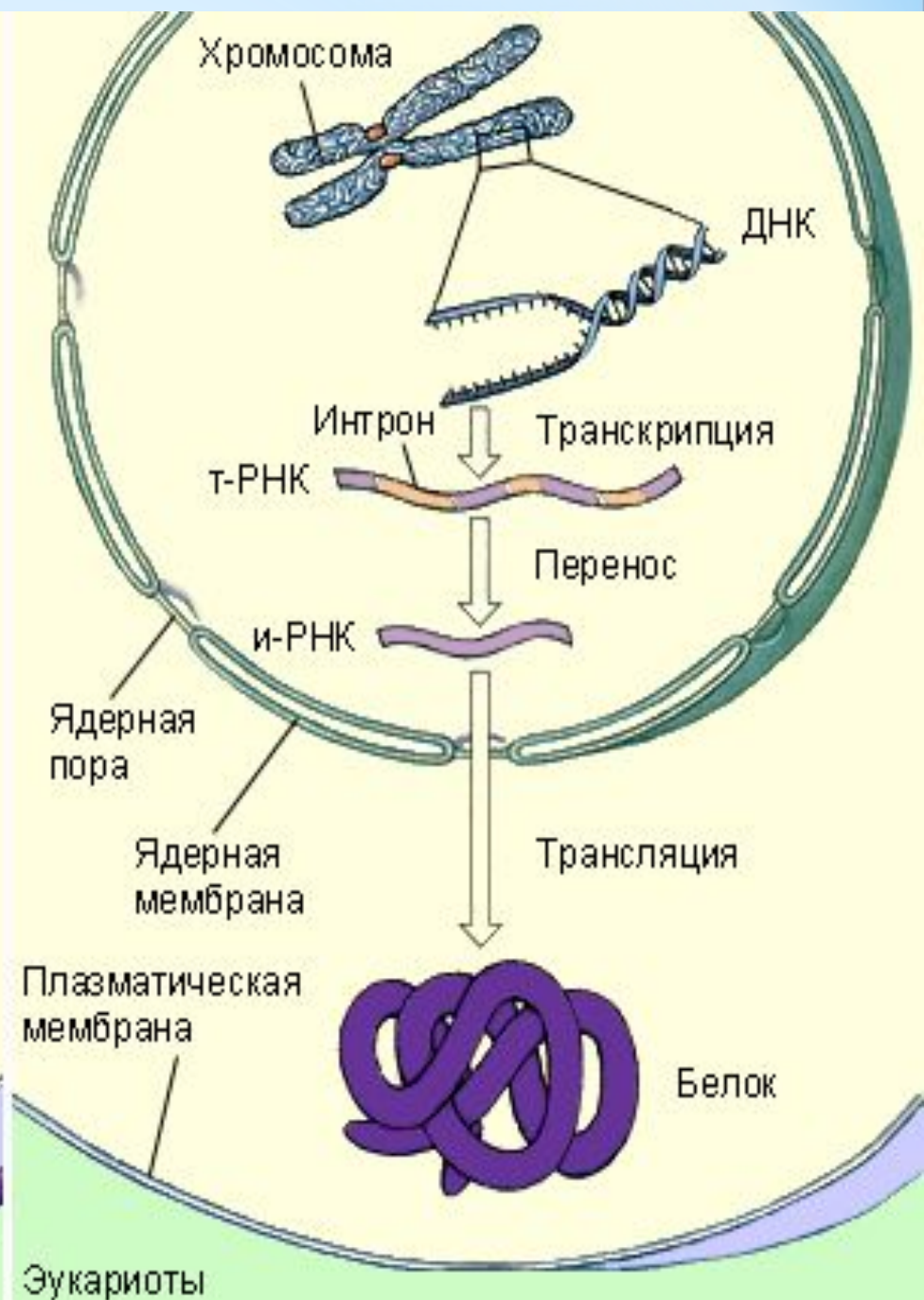
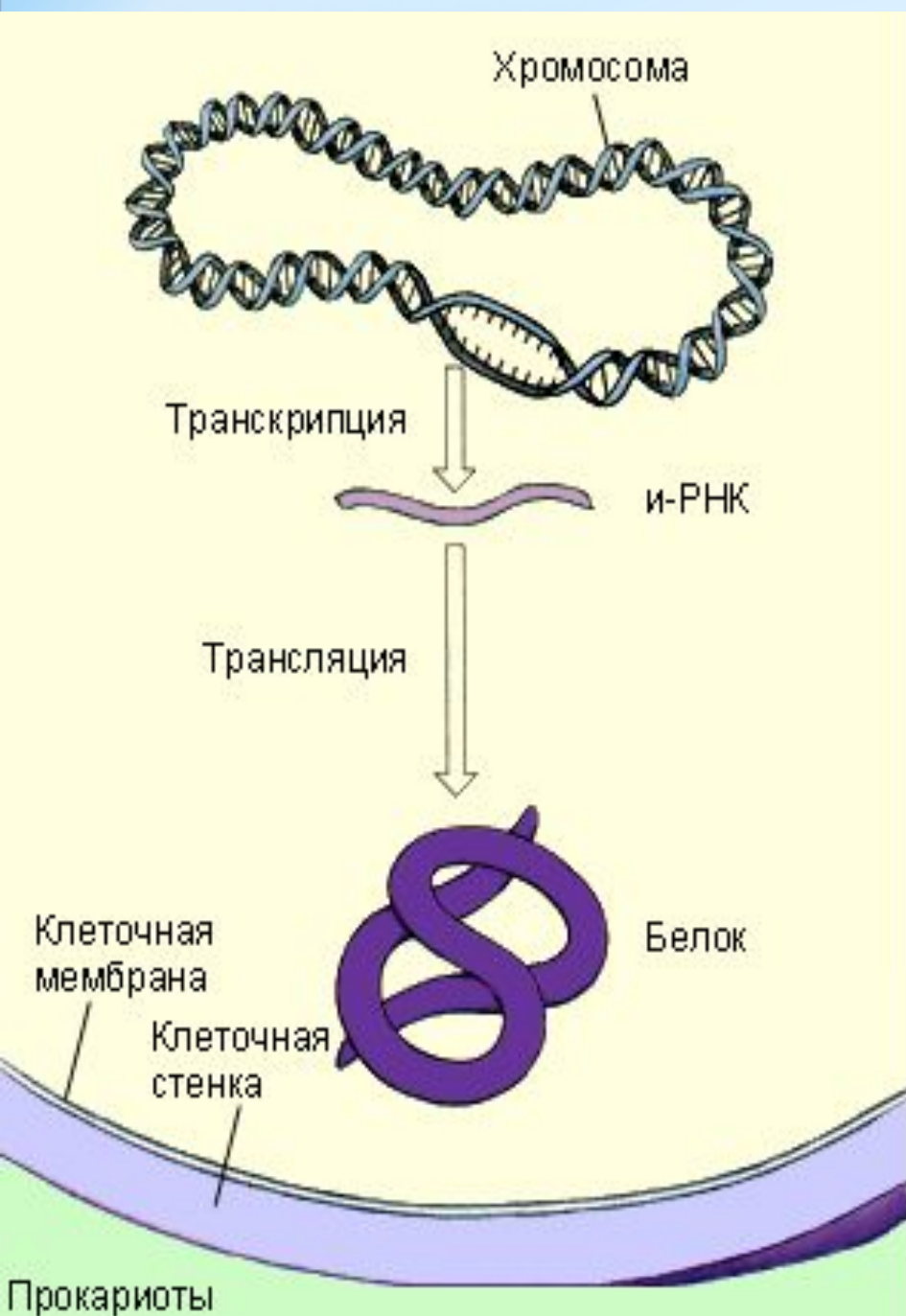
# Эволюционное значение клеточного ядра



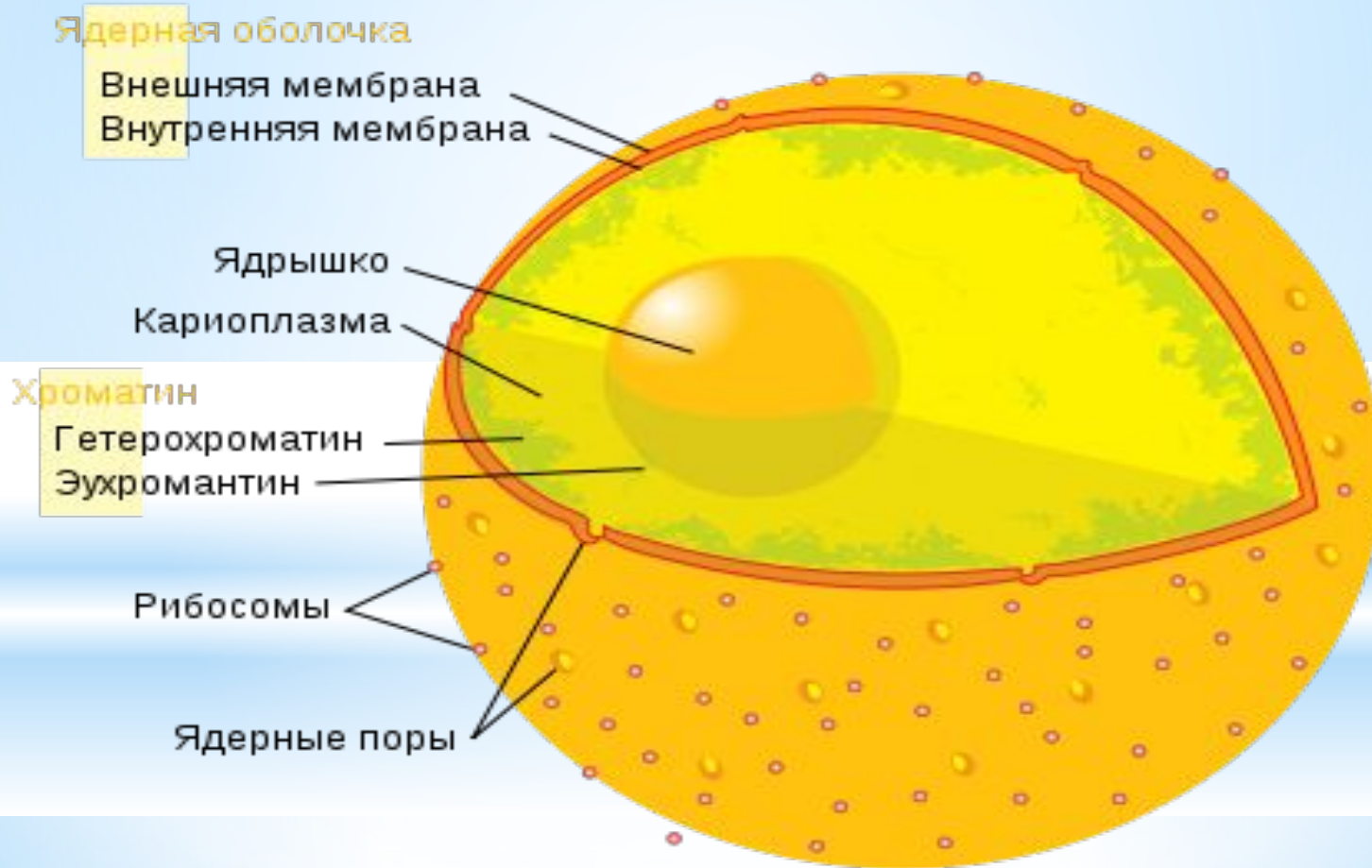
*Строение типичной клетки прокариот.*

Основное функциональное отличие клеток эукариот от клеток прокариот заключается в **пространственном** разграничении процессов **транскрипции** (синтеза матричной РНК) и **трансляции** (синтеза белка рибосомой), что дает в распоряжение эукариотической клетки новые инструменты регуляции биосинтеза и контроля качества мРНК.

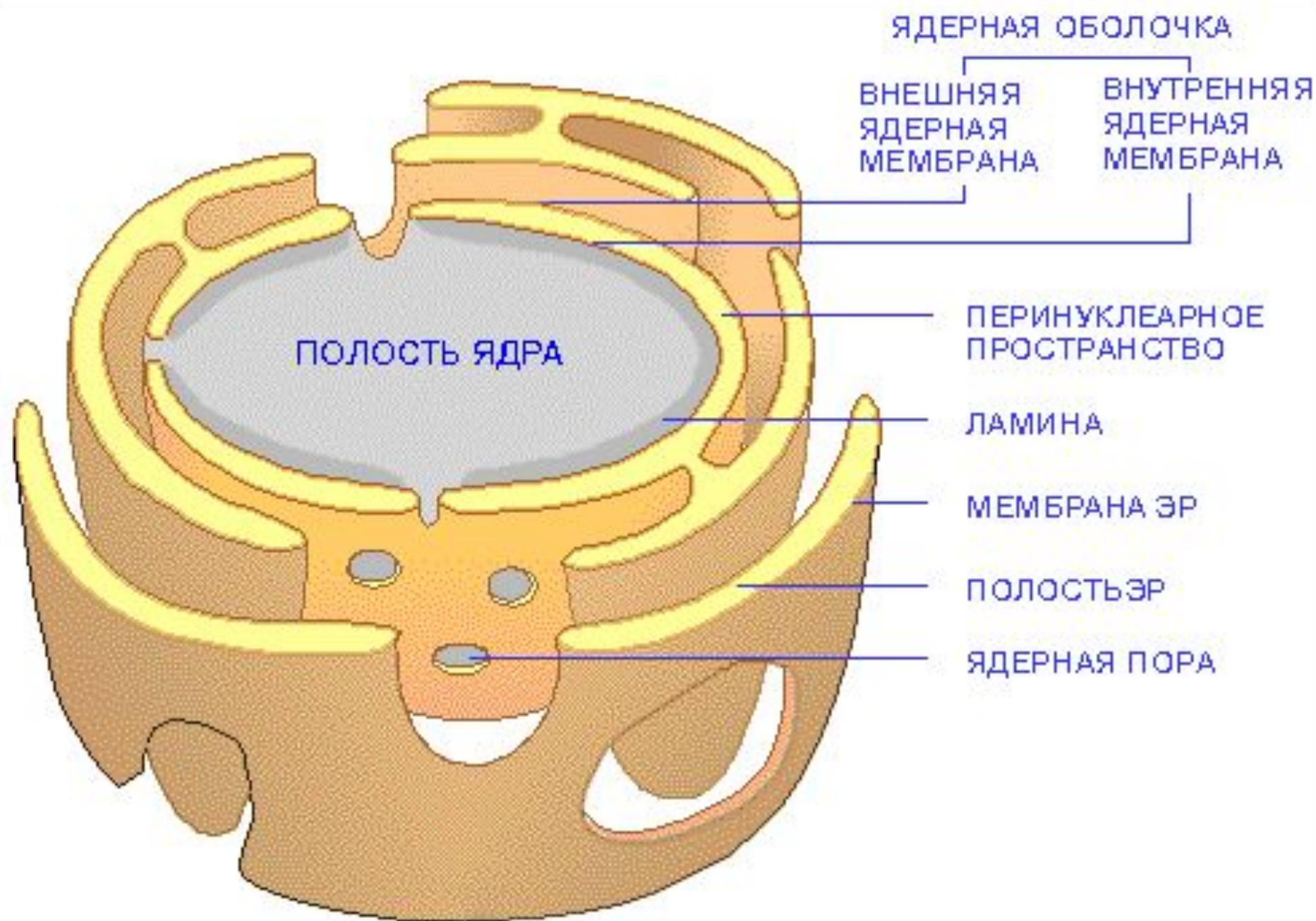




**\* Ядро - это один из структурных компонентов эукариотической клетки, содержащий генетическую информацию (молекулы ДНК).**







ЯДЕРНАЯ ОБОЛОЧКА

ВНЕШНЯЯ  
ЯДЕРНАЯ  
МЕМБРАНА

ВНУТРЕННЯЯ  
ЯДЕРНАЯ  
МЕМБРАНА

ПОЛОСТЬ ЯДРА

ПЕРИНУКЛЕАРНОЕ  
ПРОСТРАНСТВО

ЛАМИНА

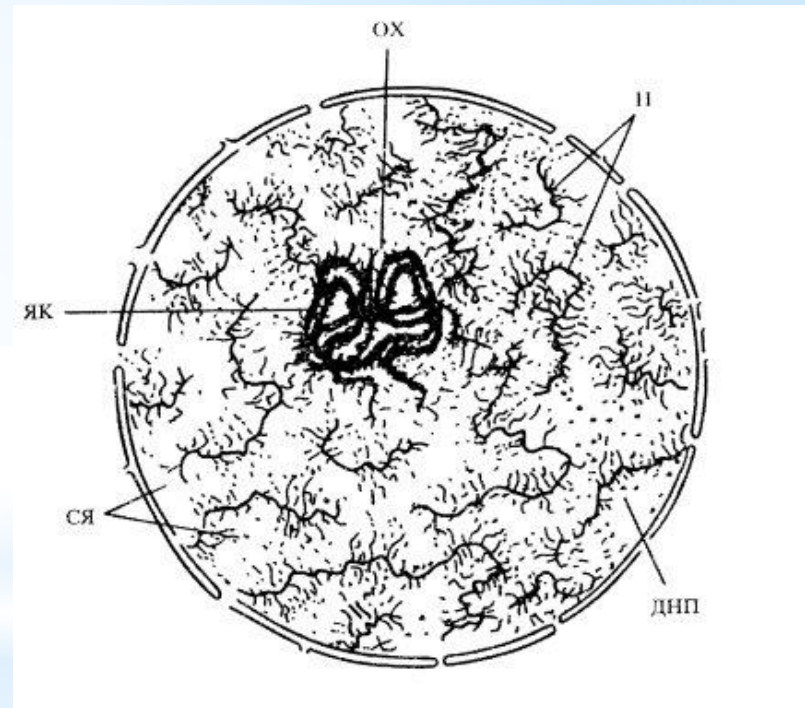
МЕМБРАНА ЭР

ПОЛОСТЬ ЭР

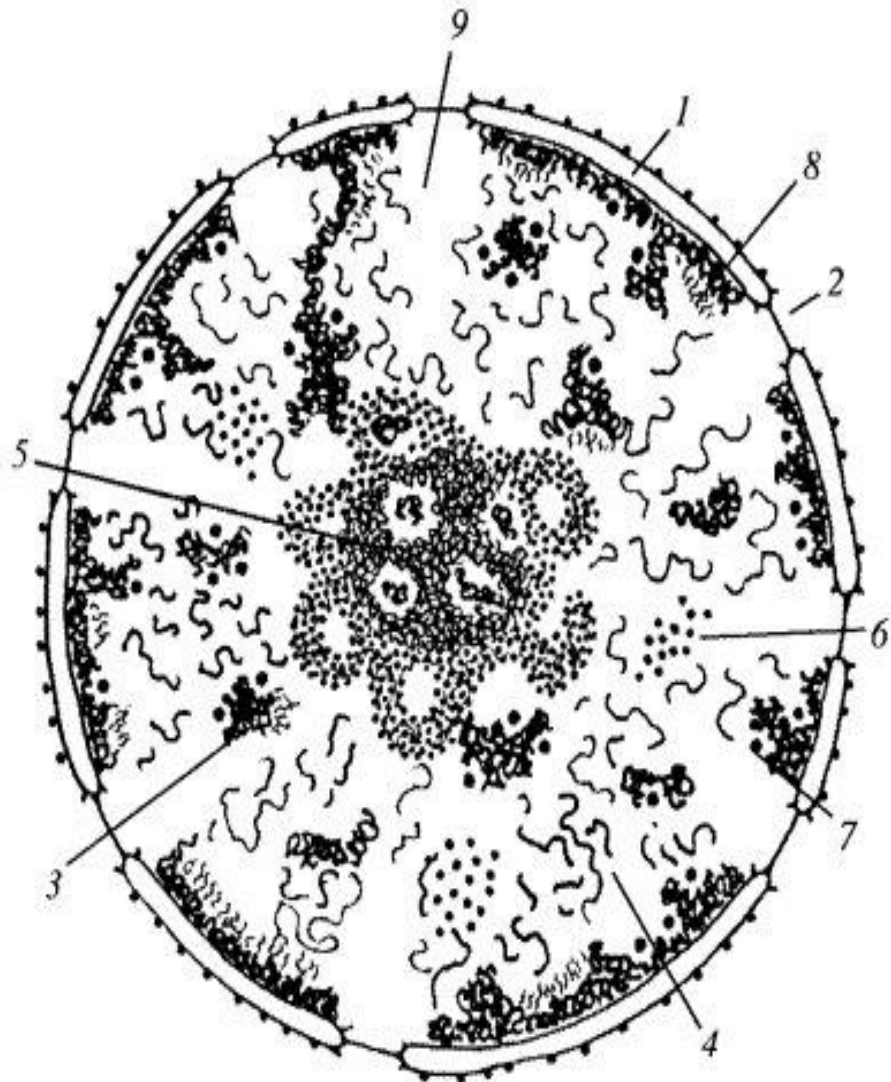
ЯДЕРНАЯ ПОРА



- \* **Ядерный сок (нуклеоплазма)**- бесструктурное вещество, заполняющее промежутки между структурами ядра.
- \* **Функции структуры:** накопление веществ, необходимых для
- \* построения молекул ДНК и РНК, аминокислоты,
- \* все виды РНК, а также продукты деятельности ядрышка и хроматина, транспортируемые затем из ядра в цитоплазму.



# \* Строение ядра



1. Двумембранная ядерная оболочка.

2. Пора

3. Эухроматин

4. Гетерохроматин

5. Ядрышко

6. Гранулы

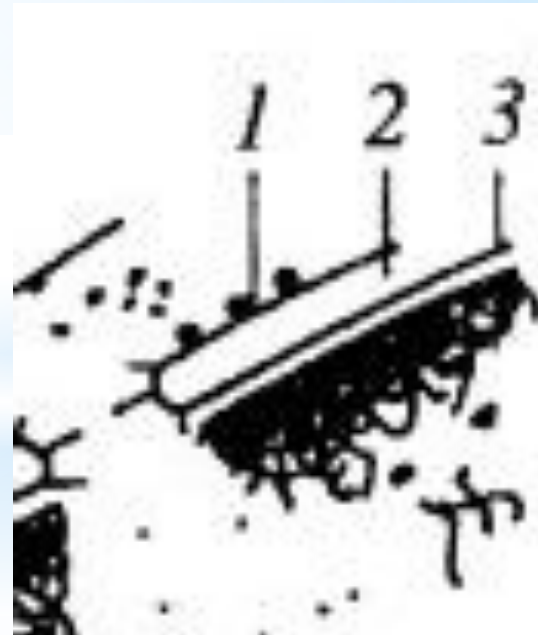
7. Фибриллы

# \* Ядерная оболочка

Ядерная оболочка состоит из двух мембран – внешней (1) и внутренней (3), между которыми располагается перинуклеарное пространство (2).

## Функции:

- барьерная;
- транспортная (ток через поры);
- участие в создании внутриядерного порядка (фиксация хромосомного материала в трехмерном пространстве ядра).

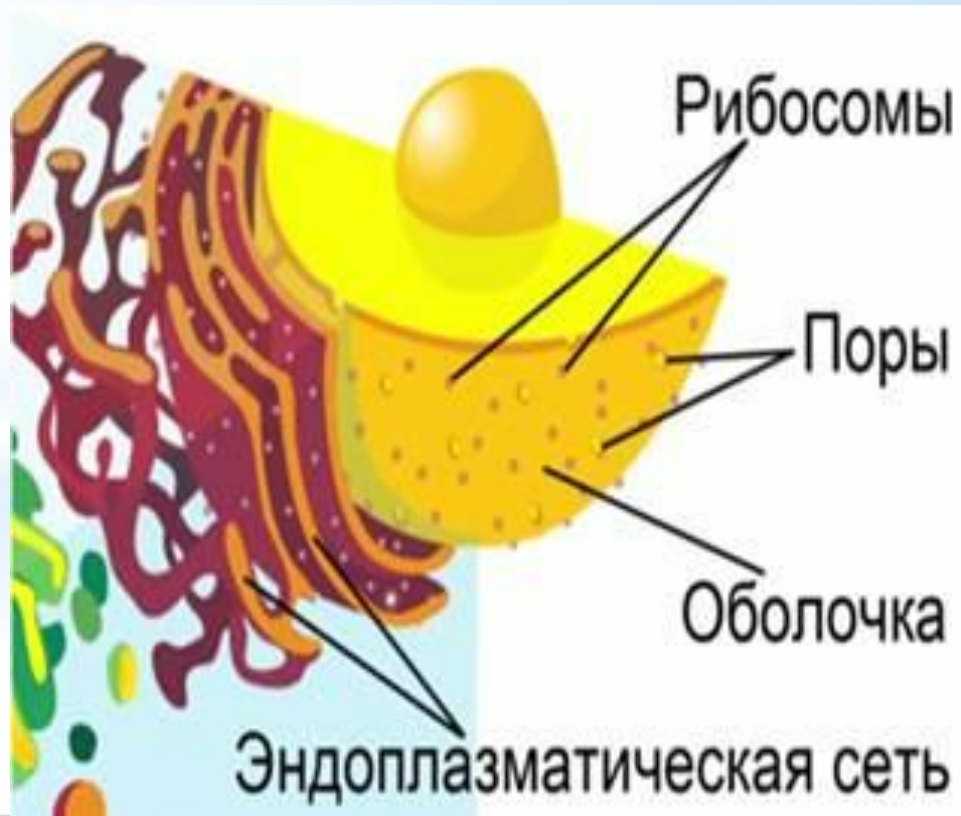




**Внешняя (наружная) мембрана ядерной оболочки** всегда несет прикрепленные к ней рибосомы, может образовывать выросты в сторону цитоплазмы и соединяться с цистернами ЭПС.

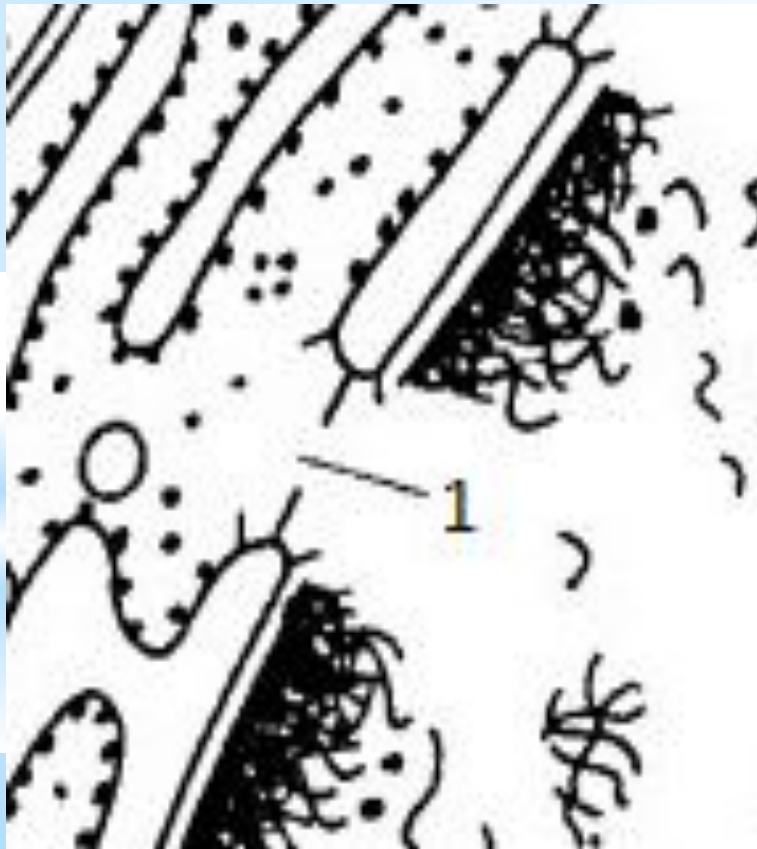
**Внутренняя мембрана** гладкая, выростов не имеет.

Между внешней и внутренней мембраной имеется пространство, заполненное жидкостью - **перинуклеарное пространство**



# \* Пора

Пора (1) представляет собой комплекс, состоящий из круглого отверстия диаметром 80-90 нм.



Функция пор:

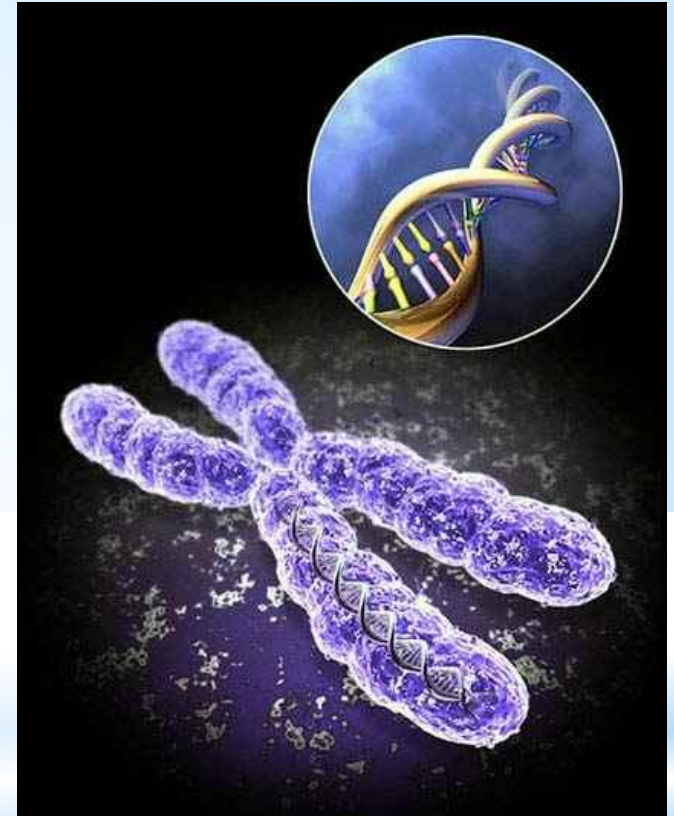
- транспортная.
- из ядра в цитоплазму выходят молекулы иРНК, тРНК, рибосома;
- из цитоплазмы в ядро - нуклеотиды, белки, ферменты, вода, АТФ, ионы.

# \* Эухроматин

Локализован в плечах хромосом, распределен по всему ядру в раскрученном виде.

Функции эухроматина:

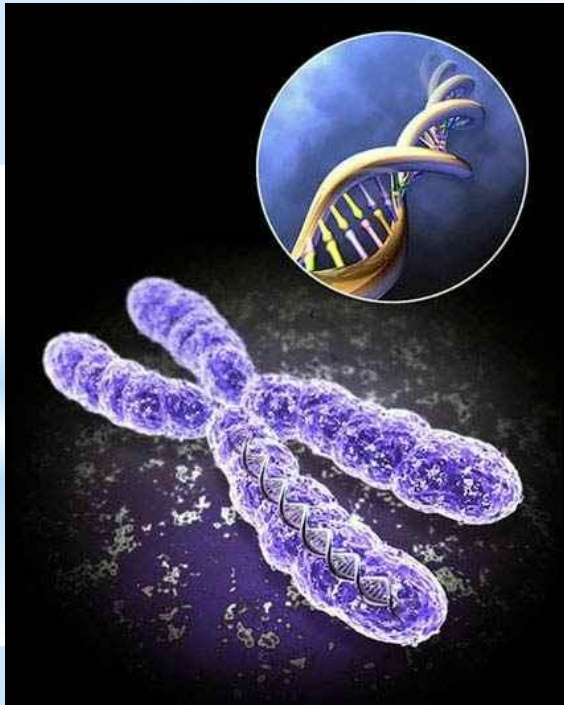
- Участие в репликации хромосом
- Несет основное количество генов и генетической информации
- Синтез белка





# \* Гетерохроматин

В хромосоме содержится в теломерах, в районе первичной и вторичной перетяжки; распределен по внутренней мембране ядра



Функция

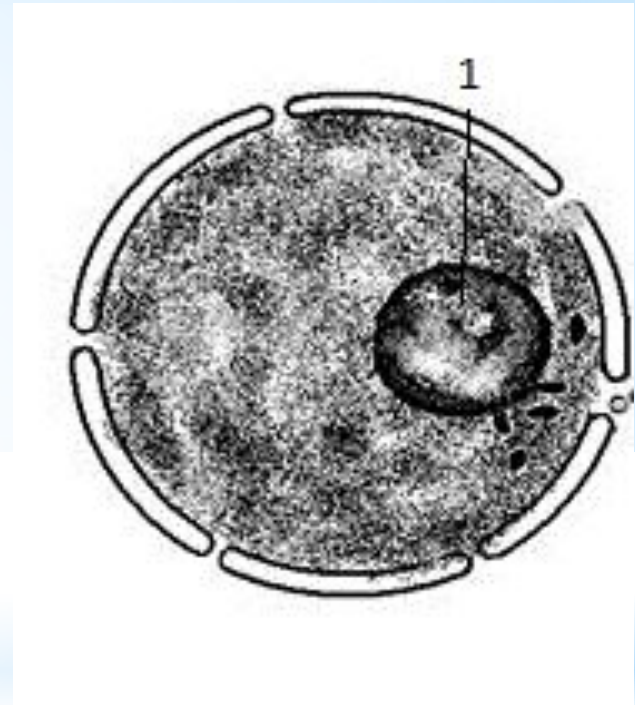
гетерохроматина:

- Гены находятся в скрученном виде и используются
- «про запас».

# \* Ядрышко

Основным компонентом ядрышка является белок, что обуславливает его высокую плотность.

число ядрышек зависит от числа «ядрышковых организаторов» — особых участков на ядрышкообразующих хромосомах



Функция  
ядрышка:

- Синтез рибосом

# \* Гранулы

Гранулы (1) делятся на перихроматиновые и интерхроматиновые. Содержатся в периферии конденсированного хроматина или между ним. Содержат структуры РНК.

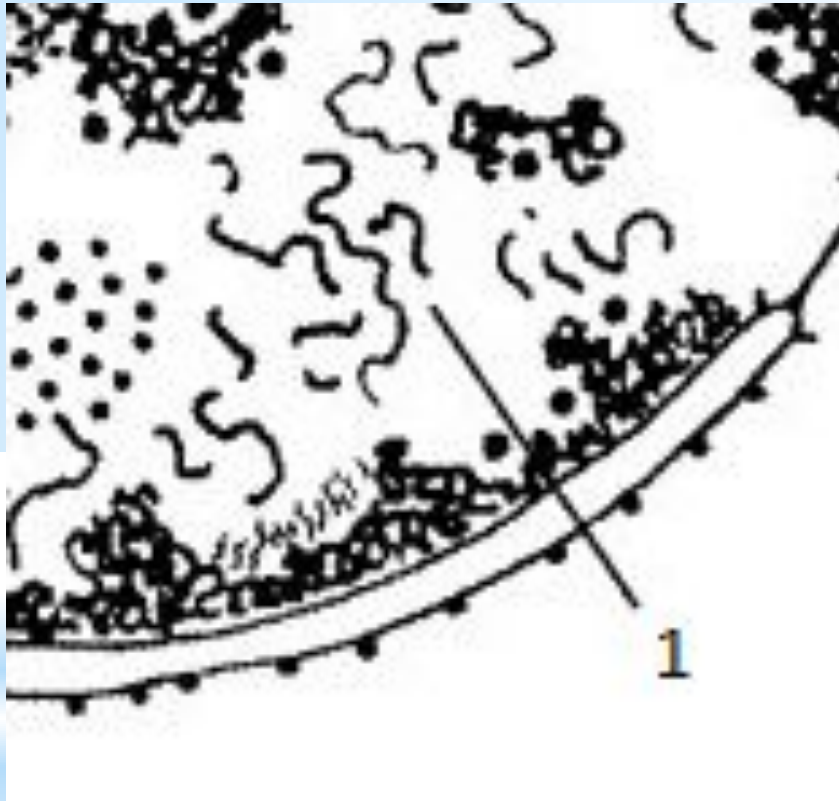


Функция гранул  
ядра:

- Дают начало зрелым формам иРНК



# \* Фибриллы



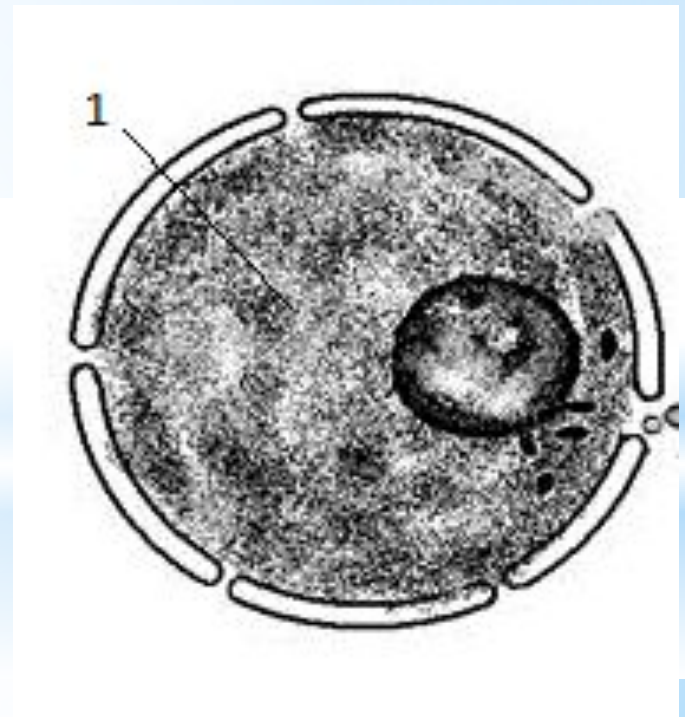
Фибриллы (1) обнаруживаются по периферии участков конденсированного хроматина, образуют рыхлую неправильную сеть. РНК-содержащая структура.

# \* Кариоплазма

Кариоплазма(1) - жидкая часть ядра, в которой содержатся ядерные структуры. На ряду с ядерной оболочкой и ядрышком образуют ядерный матрикс.

Функции кариоплазмы:

- Протекают многие процессы такие как обмен веществ в ядре,
- Взаимодействие ядра и цитоплазмы.



# Ядерная оболочка

Ядерная оболочка - структура клетки, образованная двумя мембранами, ограничивает ядро от цитоплазмы и служит основой для взаимодействия генов.

Функции:

- барьерная;
- транспортная (ток через поры);
- участие в создании внутриядерного порядка (фиксация хромосомного материала).





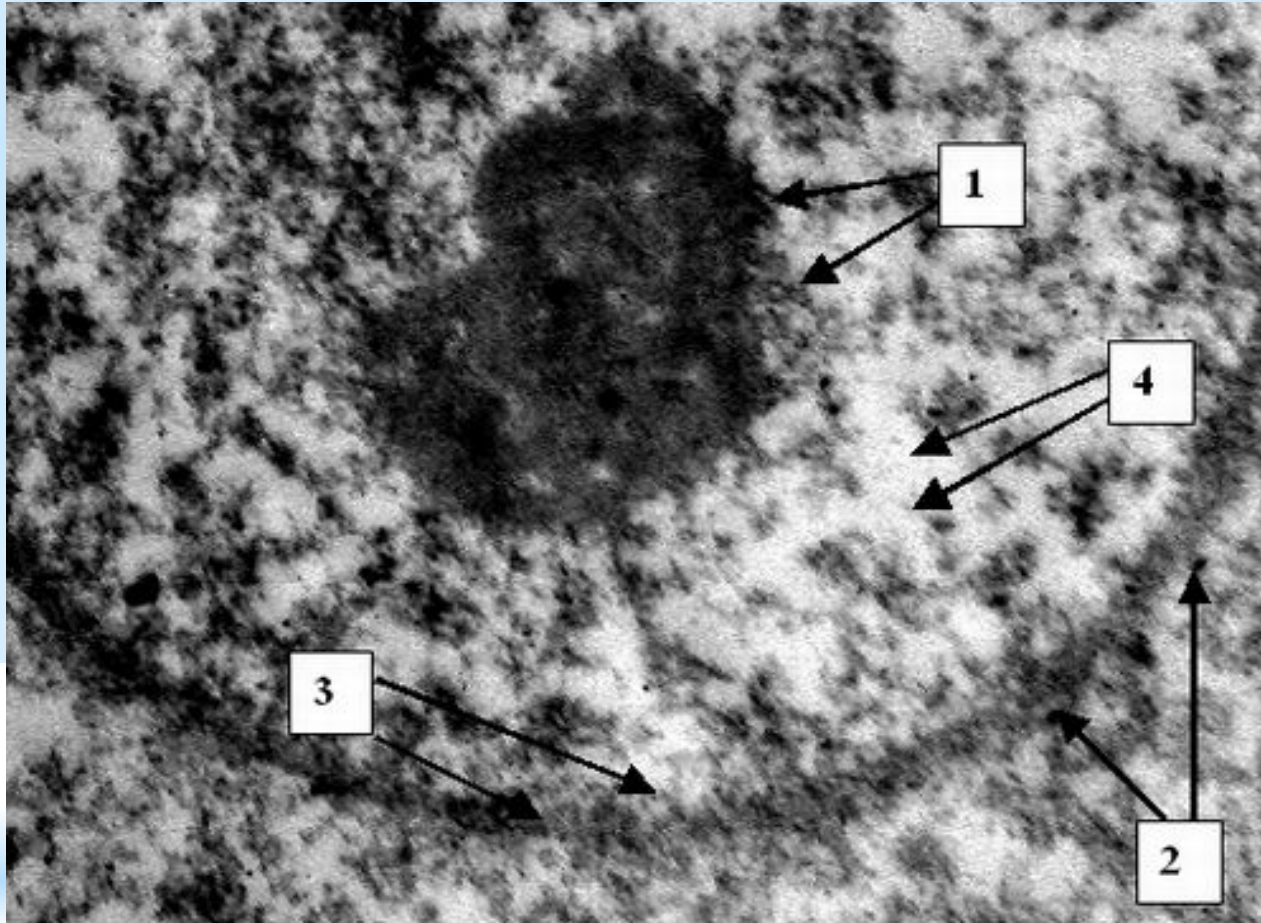
# Ядрышко

**Ядрышко** – плотная структура ядра, на которой происходит синтез рРНК, находятся внутри ядра клетки, и не имеют собственной мембранной оболочки.

**Образуется** из ядрышковых организаторов, находящихся в зоне вторичных перетяжек и содержащих гены рРНК.

**Функции:** синтез рибосомных РНК и рибосом, на которых осуществляется синтез полипептидных цепей.

**Компоненты ядрышка:** гранулярный (созревающие субъединицы хромосом, расположенные по периферии) и фибриллярный (рибонуклеидные тяжи предшественников хромосом, располагающиеся в центре).



- 1) Ядрышко
- 2) Ядерная мембрана
- 3) Ядерные поры
- 4) Кариоплазма

# Кариоплазма

**Кариоплазма** - это жидкая часть ядра, в которой содержатся ядерные структуры, продукты жизнедеятельности ядерных структур в растворенном виде, аналог гиалоплазмы в цитоплазматической части клетки.

**Состоит из:** воды, белков и белковых комплексов (нуклеопротеидов, гликопротеидов), аминокислот, нуклеотидов, сахаров (белки кариоплазмы - в основном, белки-ферменты, в т.ч. ферменты гликолиза, осуществляющие расщепление углеводов с образованием АТФ).

**Функции:**

- создание внутренней среды
- участвует в обмене веществ в ядре, взаимодействии ядра и цитоплазмы.



# Хроматин

Хроматин - вещество, хорошо воспринимающее краситель (хромос).

Состоит из: эухроматина (рыхлый (или деконденсированный) хроматин, слабо окрашиваемый основными красителями), и гетерохроматина (компактный (или конденсированный) хроматин, хорошо окрашиваемый основными красителями).

По химическому строению хроматин состоит из:

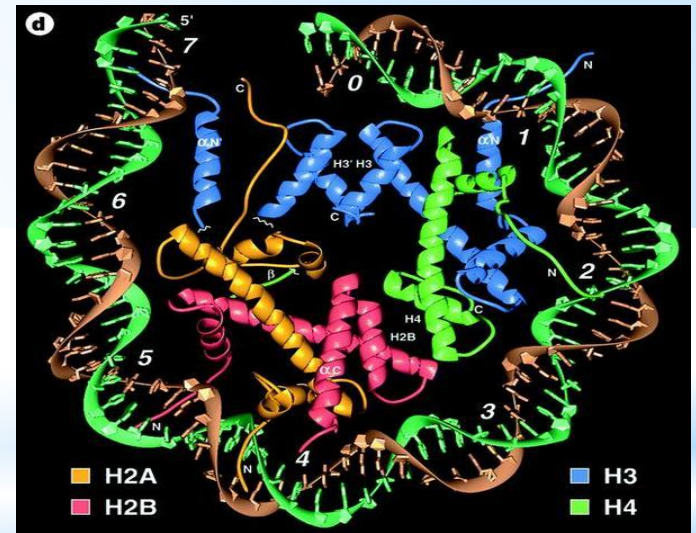
- 1) дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК) - 40%;
- 2) белков - около 60%;
- 3) рибонуклеиновой кислоты (РНК) - 1%.

**Хроматин-это вещество хромосом,**  
находящееся в ядрах растительных и животных  
клеток; интенсивно окрашивается ядерными  
красителями; во время деления клетки  
формируется в определённые видимые  
структуры.

содержит наследственную  
информацию, хранящуюся  
в молекулах ДНК.

## Функции хроматина

1. Компактизация ДНК в ядре
2. Регуляция активности генов



Процессы **транскрипции** в ядре осуществляются только на свободных хромосомных фибриллах, т. е. на **эухроматине**. В конденсированном хроматине эти процессы не осуществляются, поэтому **гетерохроматин** называют **неактивным** хроматином.



Ядерные белки  
представлены двумя  
формами:

- 1) **щелочными**  
(гистоновыми) белками - 80  
- 85%;
- 2) **кислыми** белками - 15 -  
20%.



## \* Гистоны (80%)

- Небольшие по массе белки / всего 5 видов
- H1, H2A, H2B, H3, H4
- Обладают основными свойствами
- Не обладают видовой специфичностью
- Могут самоагрегироваться с молекулой ДНК с образованием глобулярной частицы

## \* Белки хроматина Негистонные белки (20%)

- Более 500 видов
- Обладают видовой специфичностью
- Большая часть относится к белкам ядерного матрикса
- Большое количество белков-ферментов (днк и рнк полимеразы, и др.)



# \* Гетерохроматин -

- неактивный в генетическом отношении **это** хроматин. Он конденсирован, уплотнен, при окрашивании обнаруживается в виде глыбчатых структур.

В ядре расположен по внутренней мембране ядерной оболочки.

Различают два типа гетерохроматина:

**факультативный**- участки генома, временно инактивированные в тех или иных клетках.

**и конститутивный**-небольшие участки в ряде районов хромосом, которые не содержат генов.

Есть во всех клетках, но находится в неактивном состоянии.

## \* Эухроматин -

— активный в генетическом **ЭТО** отношении хроматин.

Он деконденсирован, имеет нитевидную структуру, при окрашивании определяется слабо. В клеточном ядре расположен по всему объему.

Эухроматин содержит большинство структурных генов организма.

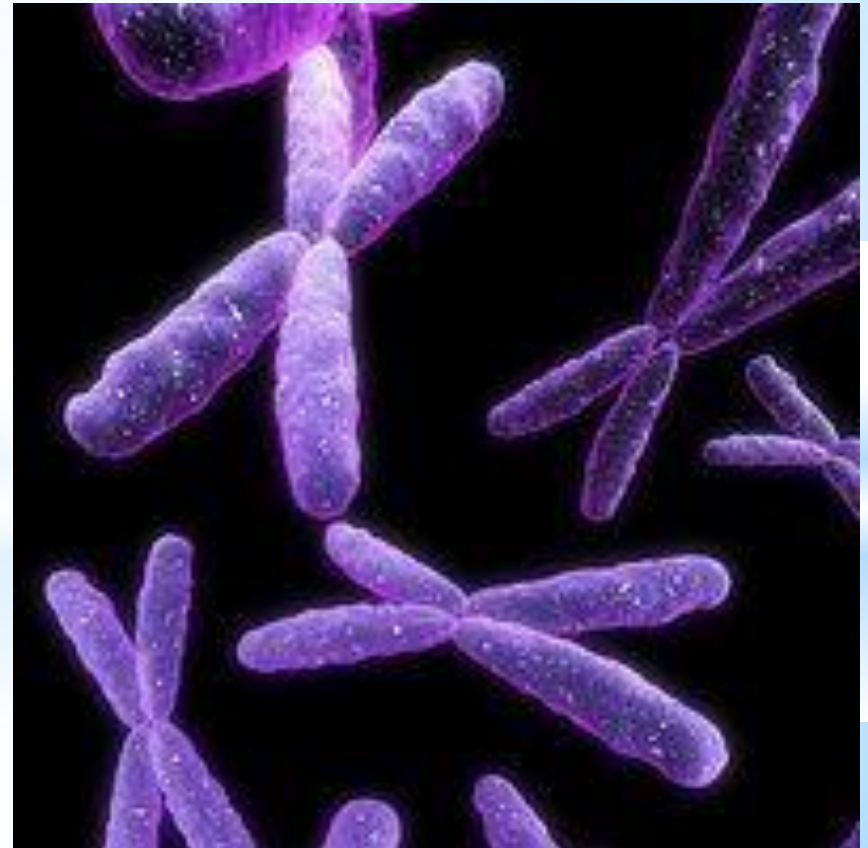
# \*Хромосомы - это

- это постоянный компонент ядра, который отличается особой структурой, индивидуальностью, функцией, способностью к самовоспроизведению.

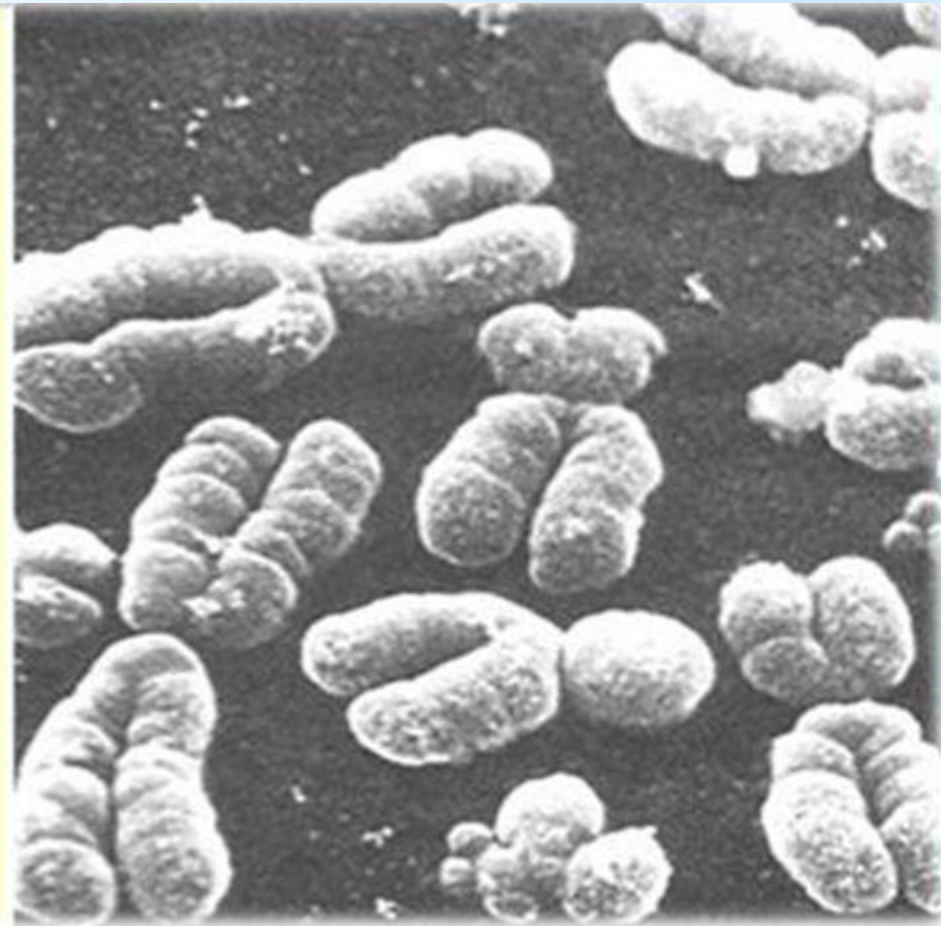
В хромосомах сосредоточена большая часть наследственной информации (хранение, реализация и передача).

## Функции:

1. Информационная
2. Транскрипционная
3. Структурная
4. Сегрегационная
5. Рекомбинационная



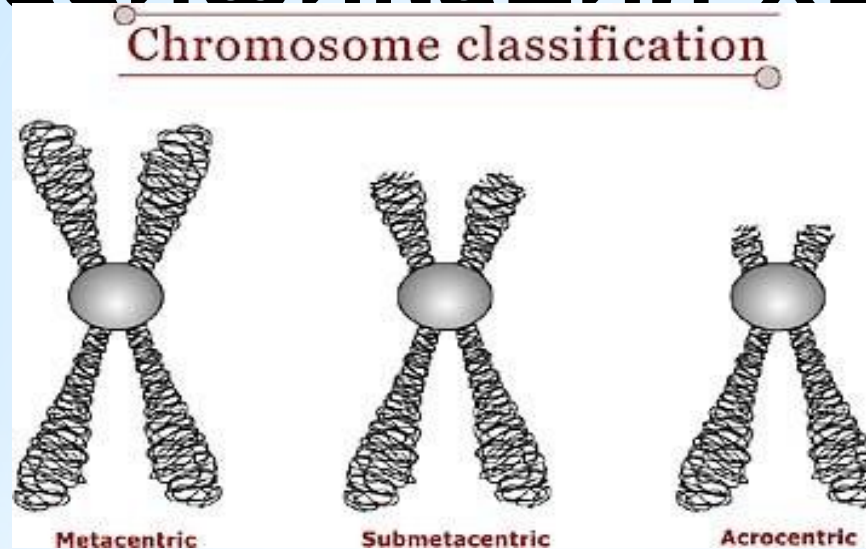
# \* Морфология хромосомы



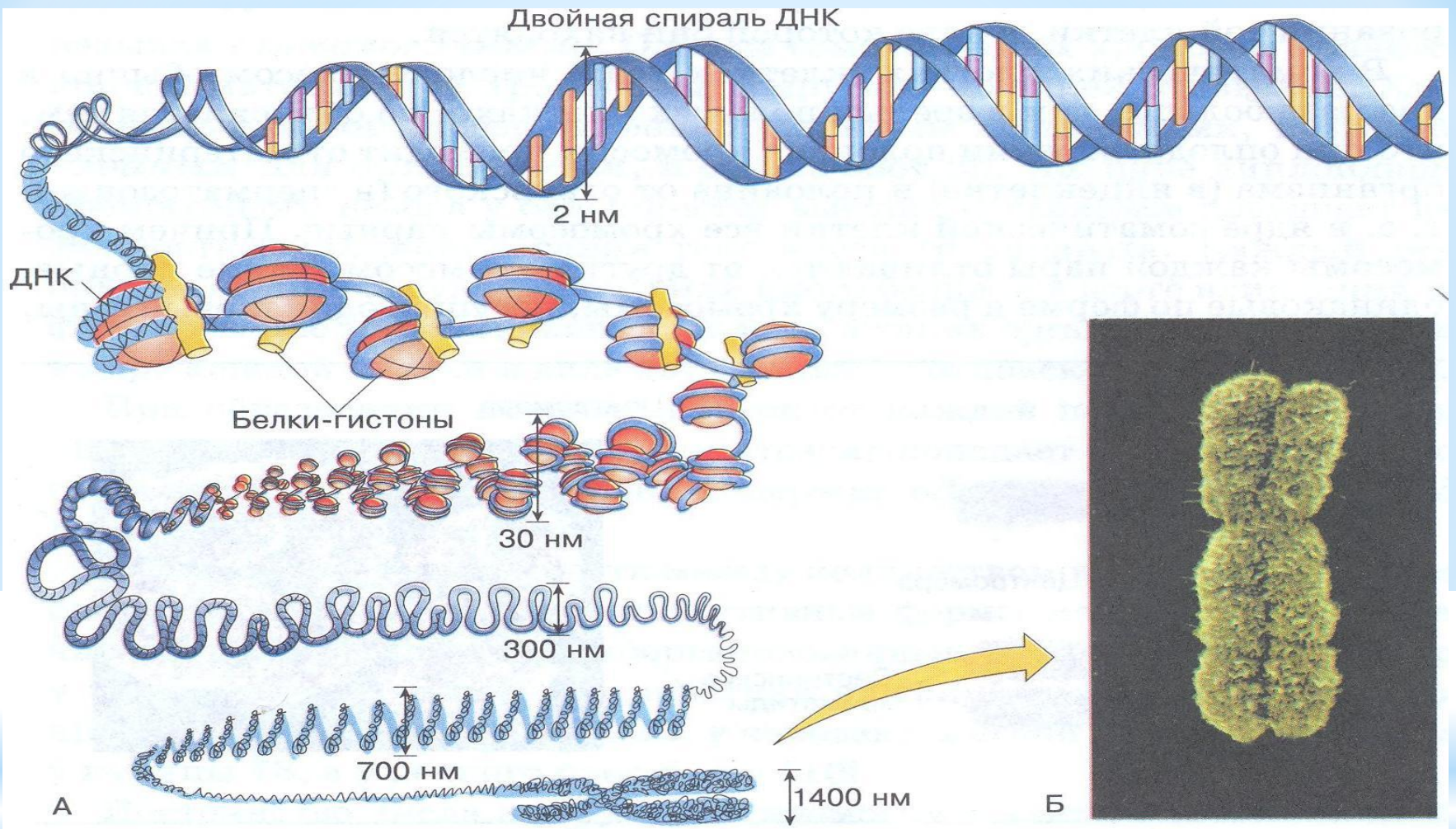


- \* **Центромера** делит хроматиду каждой хромосомы на 2 плеча.
- \* **Кинетохор** обеспечивает прикрепление нескольких десятков микротрубочек к хромосоме в профазе митоза.
- \* **Теломеры** отвечают за количество делений, благодаря им хромосомы отделяются друг от друга и расходятся к разным полюсам.

# \* Классификация хромосом



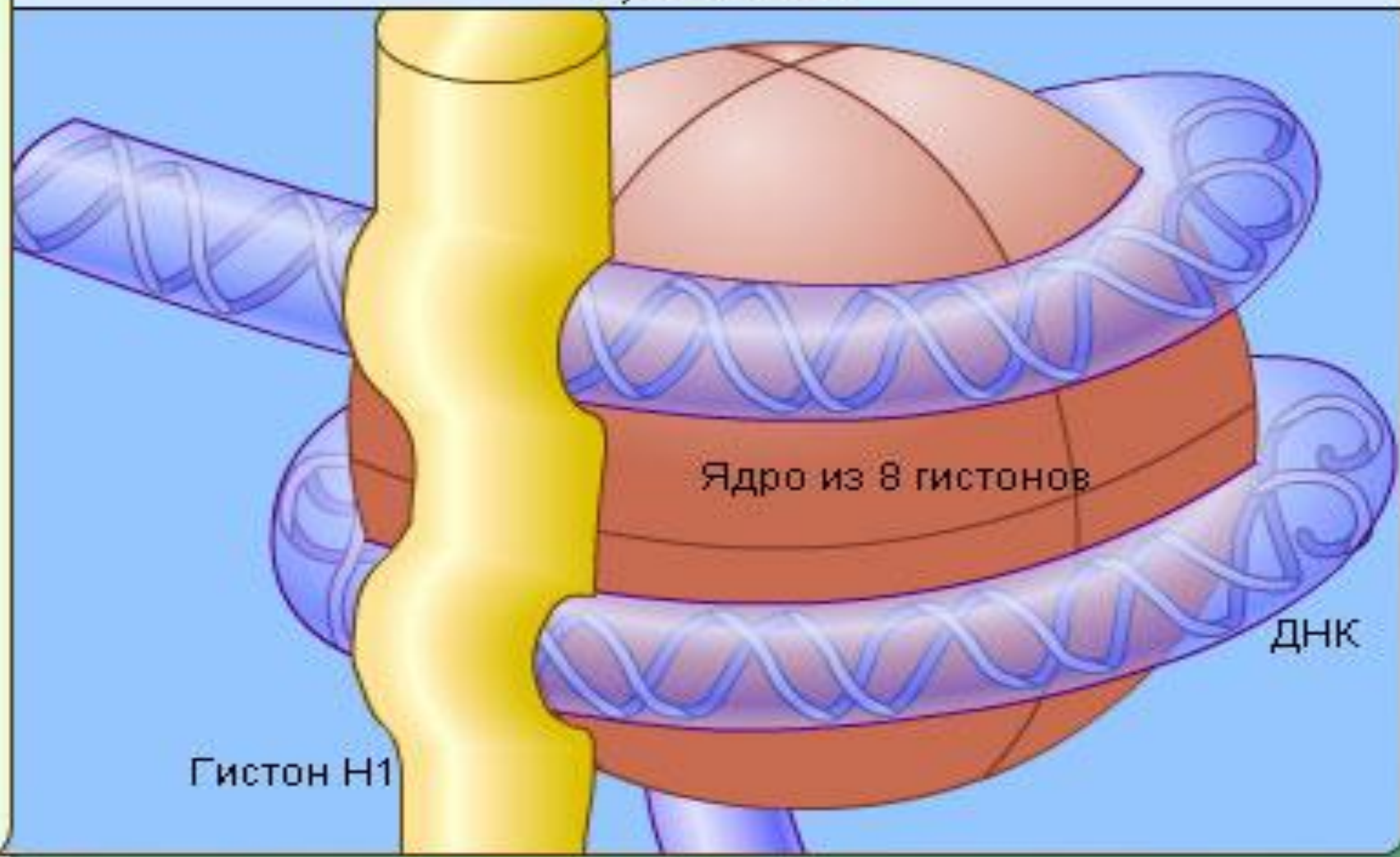
- **Метацентрические** - хромосомы, у которых центромера расположена посередине или почти посередине
- **Субметацентрические** - хромосомы с плечами неравной длины;
- **Акроцентрические** - хромосомы, у которых центромера находится практически на конце



# \* Спирализация молекулы ДНК



# Нуклеосома





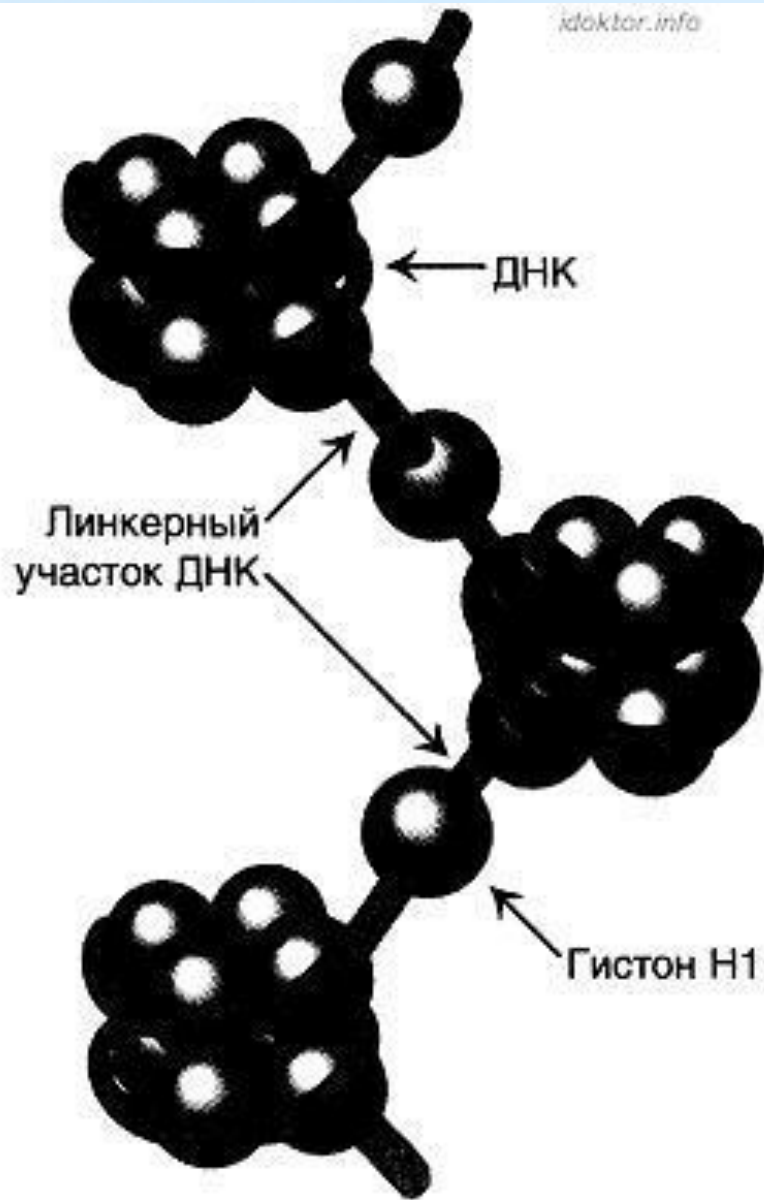


Рис. 3.2. Структура нуклеосом. Восемь молекул гистонов (Н2А, Н2В, Н3, Н4)<sub>2</sub> составляют ядро нуклеосомы, вокруг которого ДНК образует примерно полтора витка.

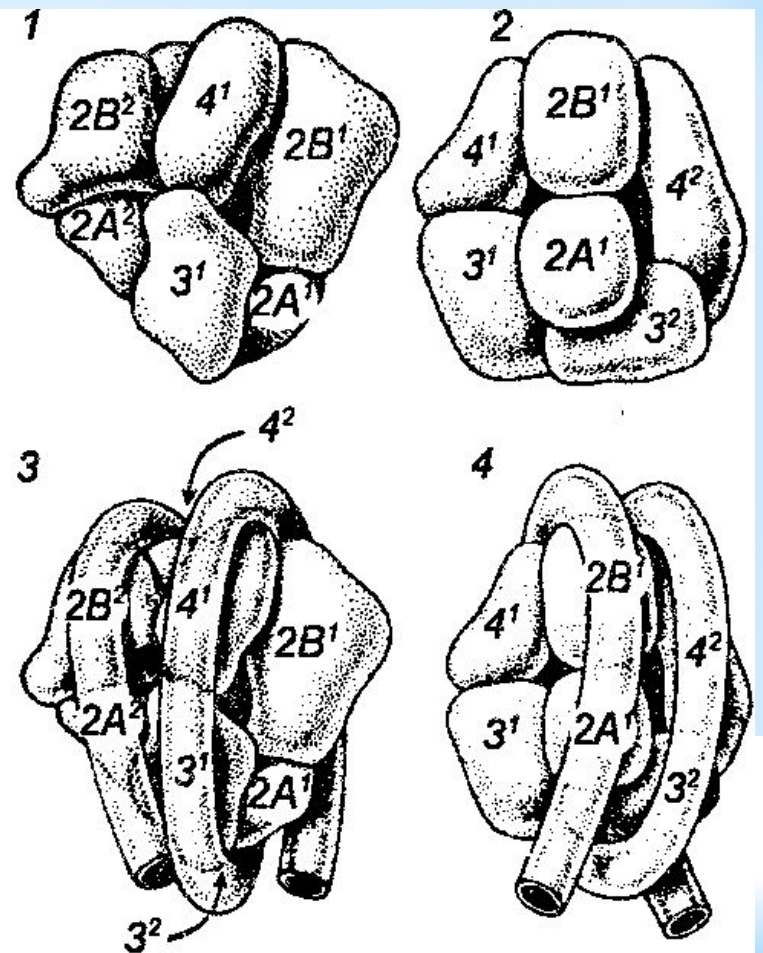
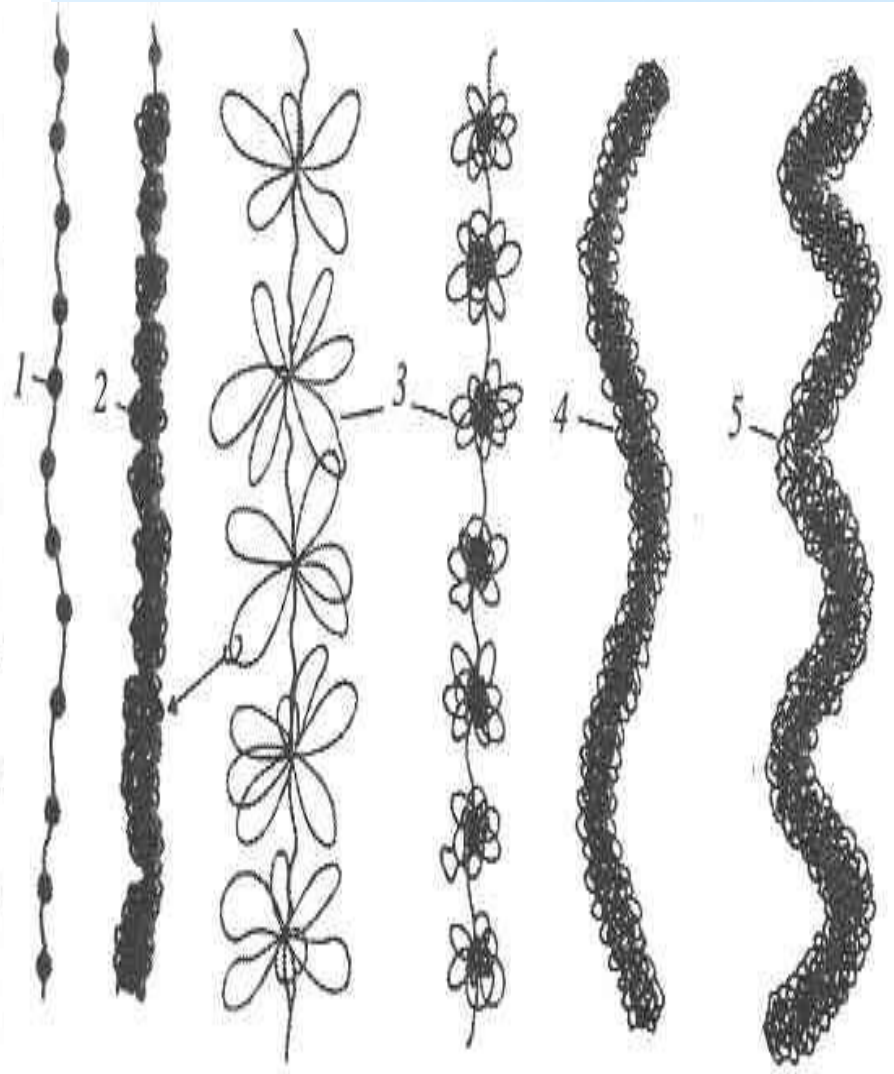
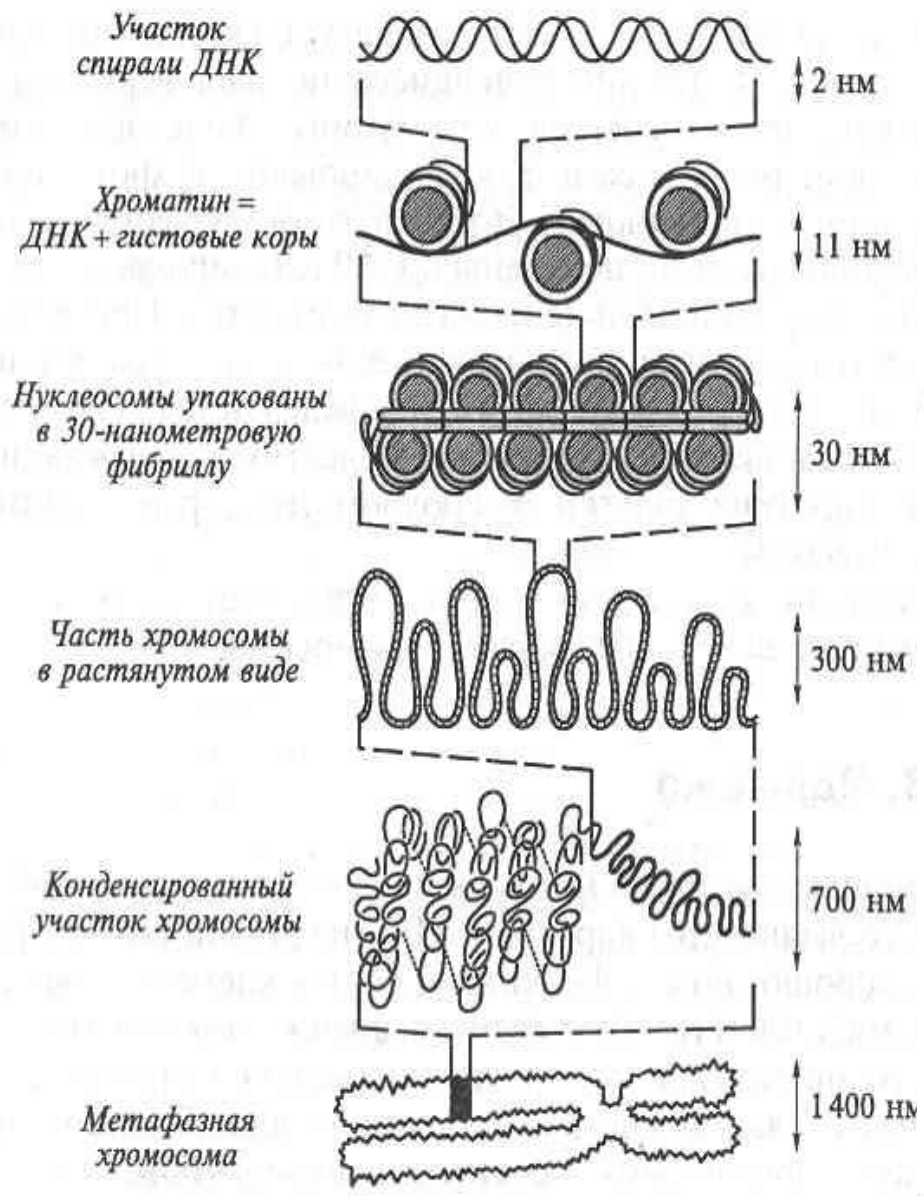


Рис. 53

### Нуклеосомы

1,2 — вид нуклеосомы с двух сторон после поворота на 90°; 3,4 — спирализация отрезка ДНК (140 пар нуклеотидов) вокруг нуклеосомы; 2А, 2В, 3 и 4 — гистомы. Стрелки указывают направление спирализации ДНК



80. Схема различных уровней компактизации хроматина





Короткий участок  
двойной спирали ДНК



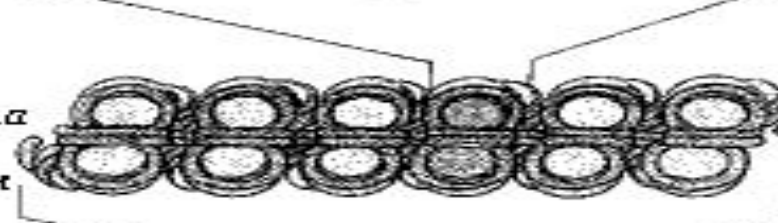
2 нм

Хроматин  
в форме «бусин на нити»



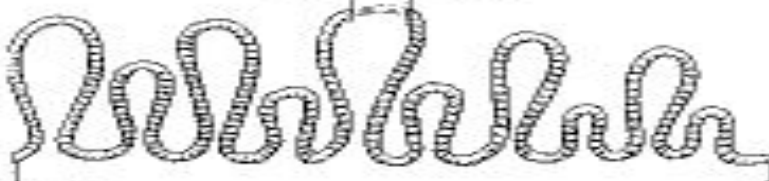
11 нм

Хроматиновая фибрилла  
30 нм, состоящая из  
упакованных нуклеосом



30 нм

Часть хромосомы  
в растянутом виде



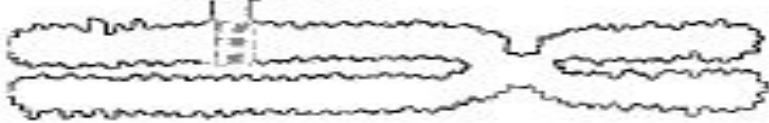
300 нм

Конденсированный  
участок метафазной  
хромосомы



700 нм

Целая  
метафазная  
хромосома



1400 нм



# \* Формы хромосом

1 — центромера, 2 — спутник, 3 — короткое плечо,  
4 — длинное плечо, 5 — хроматиды



- I* — телоцентрическая (только одно плечо и центромера на самом краю)
- II* — акроцентрическая (одно плечо намного короче другого)
- III* — субметацентрическая (одно плечо короче другого)
- IV* — метацентрическая (равные плечи)

# \* Кариотип - это

- индивидуальный набор хромосом, характерный для конкретного биологического вида.

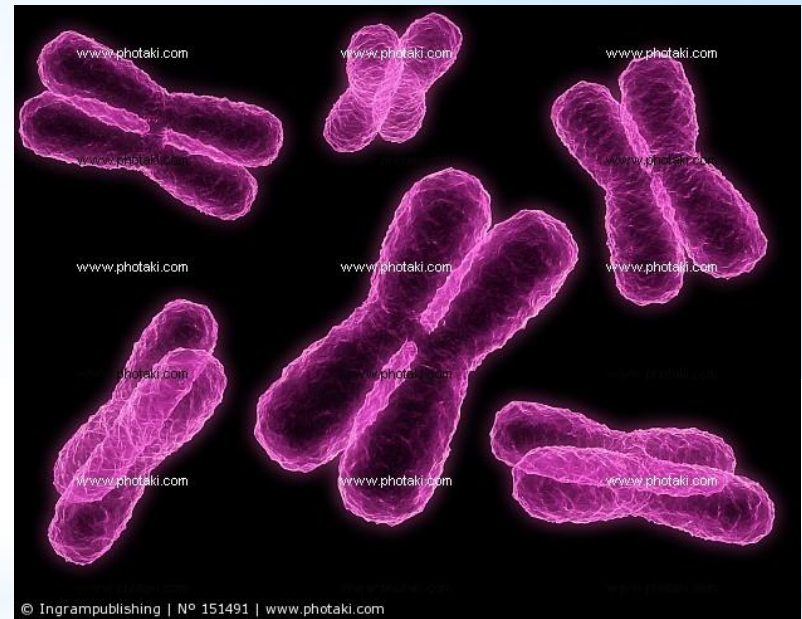
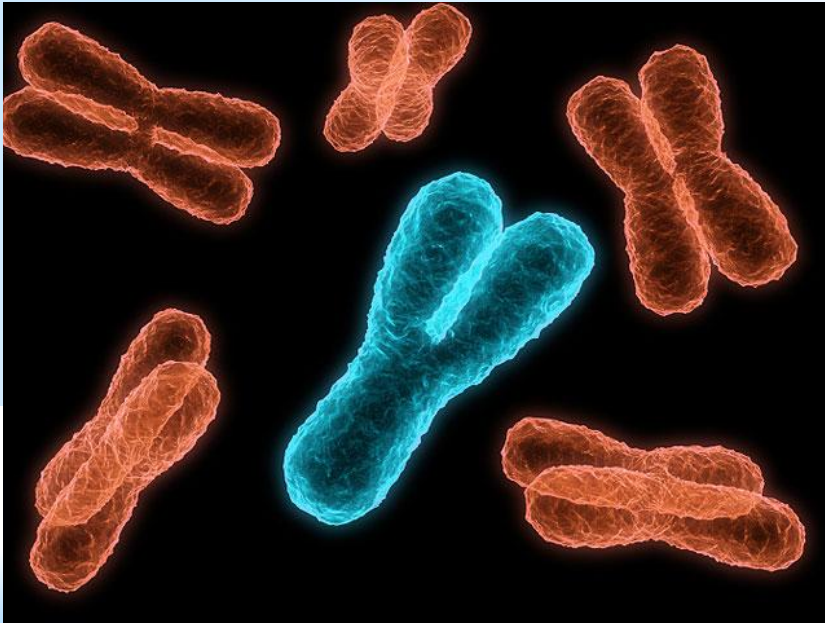
Постоянство кариотипа поддерживается закономерностями митоза и мейоза.

В соматических клетках ( $2n$ ) в кариотипе у каждой хромосомы есть пара.

**Гомологичные хромосомы** — пара хромосом приблизительно равной длины, с одинаковым положением центромеры.

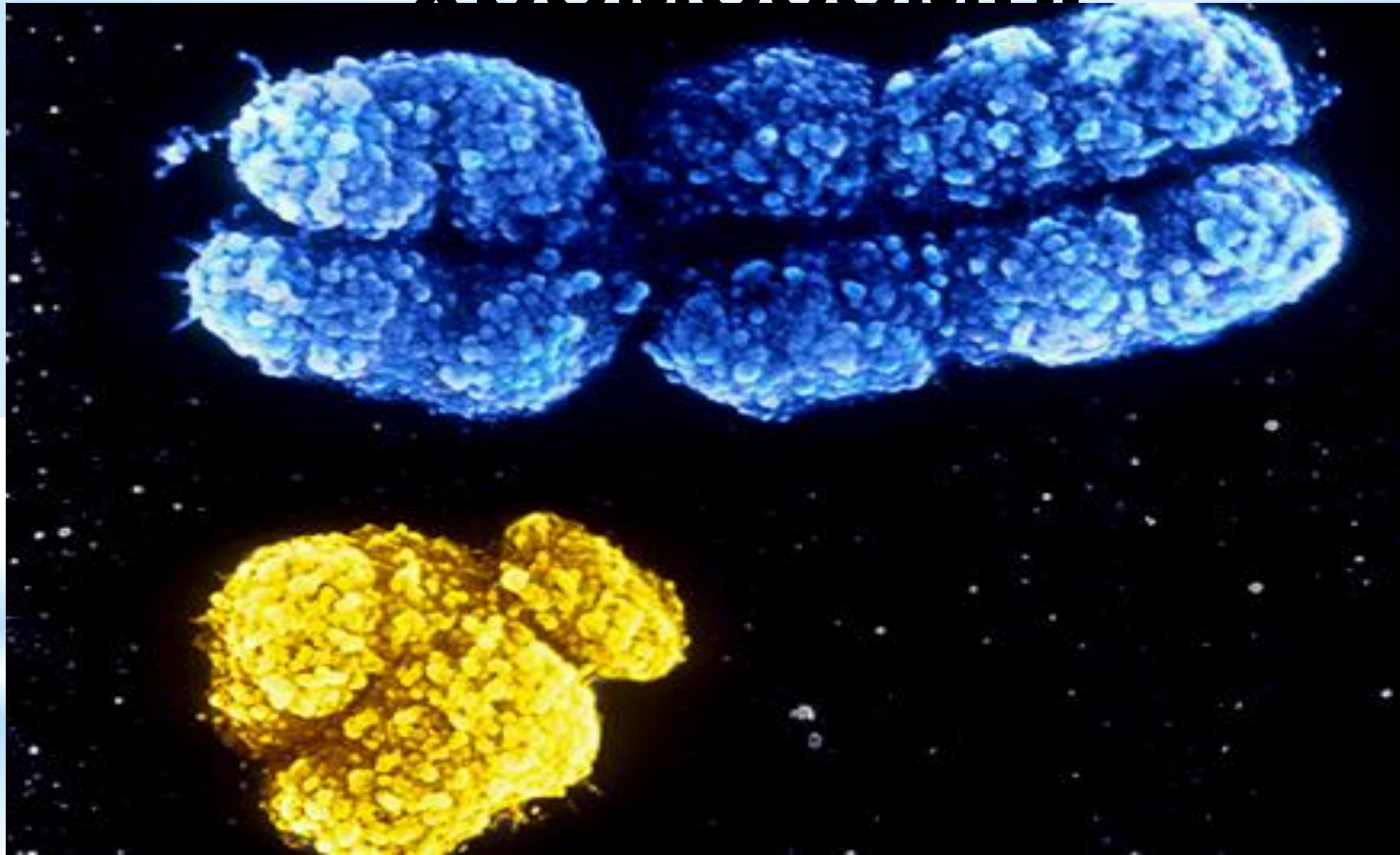
В половой клетке ( $n$ ) содержится гаплоидный набор хромосом, по одной хромосоме из каждой пары.

Мужской и женский кариотипы различаются по одной паре хромосом. (половые хромосомы XX и XY). У мужчин половые хромосомы акроцентрические. У женщин - метацентрические.

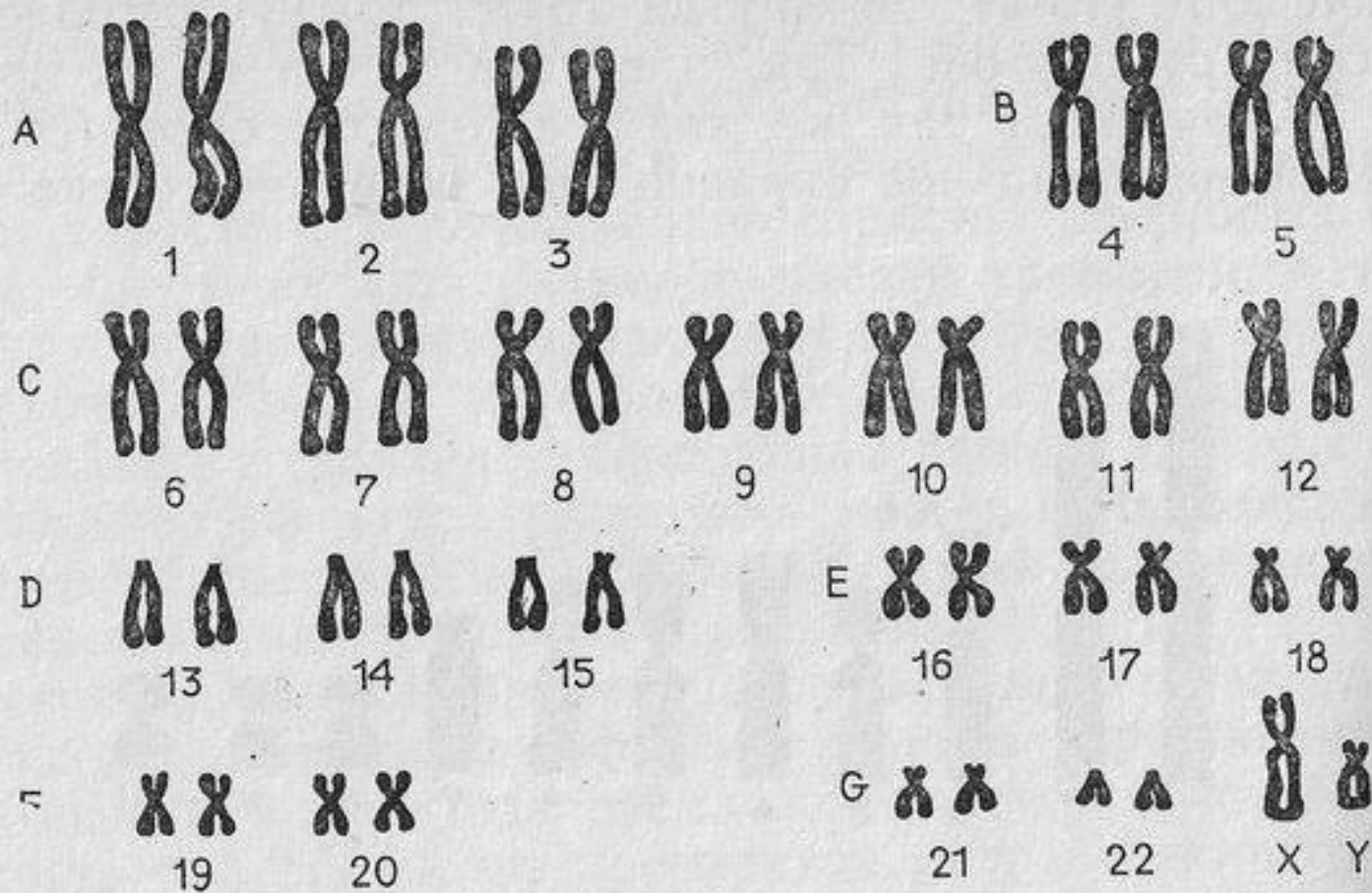


Аутосомные хромосомы - набор, одинаковый для всех особей одного биологического вида

# \* Мужские половые хромосомы



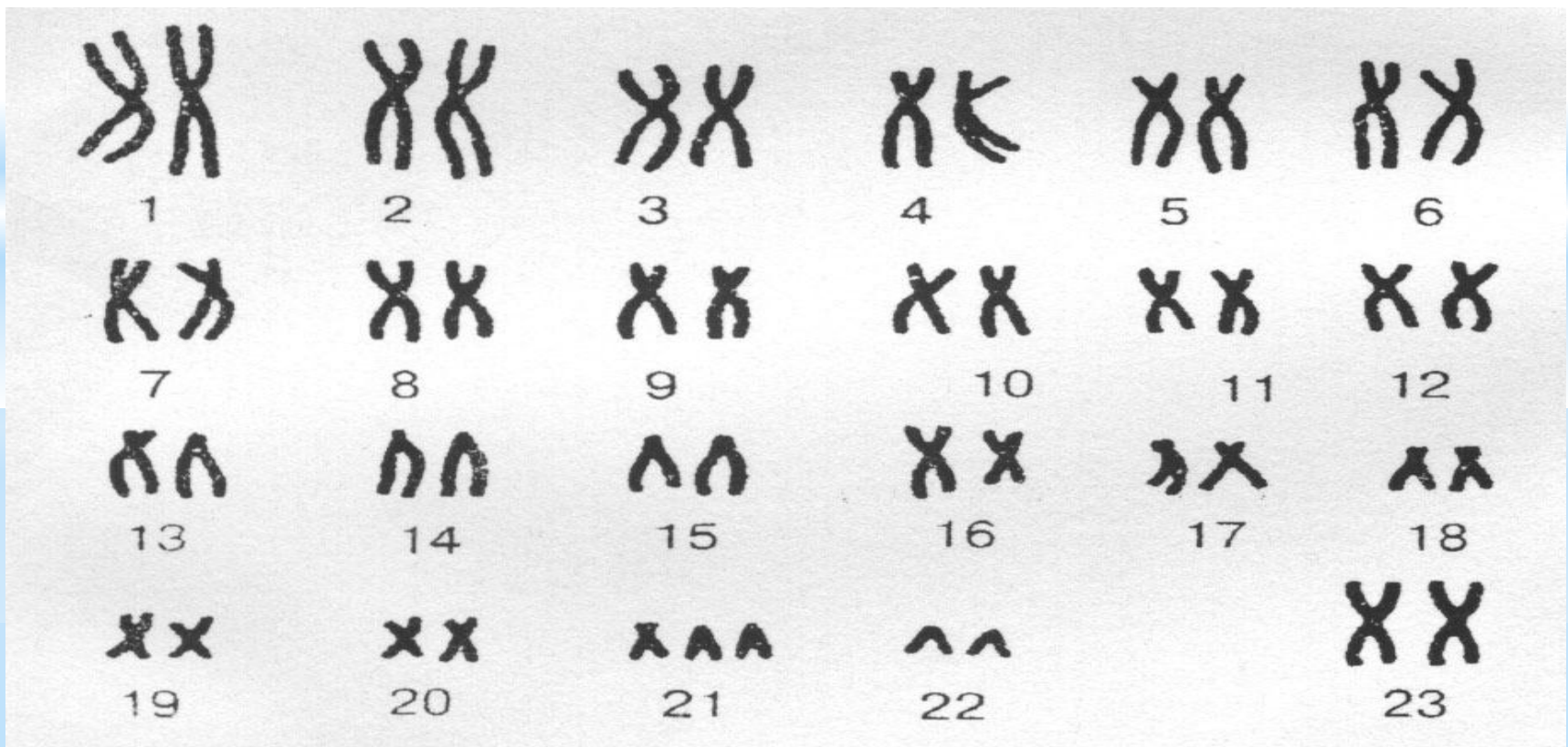




Кариотип мужчины. Хромосомы обозначены согласно денверовской системе

# Кариотип человека

Кариотип - совокупность полного набора хромосом, присущая клеткам данного биологического вида, организма или линии клеток.



# Нарушения кариотипа

Нормальные кариотипы человека — 46,XX и 46,XY.  
 Нарушения нормального кариотипа у человека возникают на ранних стадиях развития организма: при гаметогенезе кариотип зиготы, образовавшейся при слиянии гамет, оказывается измененным.  
 Нарушения кариотипа у человека сопровождаются пороками развития.

Заболевание	Кариотип	Распространенность
Синдром Клайнфельтера	47,XXY	1:1000
	48,XXXYY	1:25 000
	Другие (48,XXYY; 49,XXXYY; мозаицизм)	1:10 000
47,XY	47,XY	1:1000
Другие аномалии X или Y-хромосом		1:1500
Мужчины с XX	46,XX	1:20 000
Всего: 1:400 мужчин		
Синдром Шерешевского–Тернера	45,X	1:5000
	46,X,i(Xq)	1:50 000
	Другие (делеции, мозаицизм)	1:15 000
Трисомия X	47,XXX	1:1000
Другие аномалии X-хромосомы		1:3000
Женщины с XY	46,XY	1:20 000
Синдром тестикулярной феминизации	46,XY	1:20 000
Всего: 1:650 женщин		

**Спасибо за  
внимание!** 😊