

Введение в курс медицинской биологии.

Структурно -
функциональная
организация
клетки.



Биология – наука о жизни, об общих закономерностях существования и развития живых существ.

Биология изучает процессы жизнедеятельности организмов, их жизненные циклы, взаимосвязи с окружающей средой, происхождение, историческое и индивидуальное развитие.

Многообразие живой природы так велико, что о **БИОЛОГИИ** правильно говорить как о комплексе естественных наук, которые изучают жизнь живых существ с разных сторон.

Термин “**БИОЛОГИЯ**” впервые был введен в 1802 году одновременно учеными **Ламарком и Тревиранусом**.

Современная биология – это сложный высокодифференцированный комплекс фундаментальных и прикладных достижений живой природы.



Ламарк

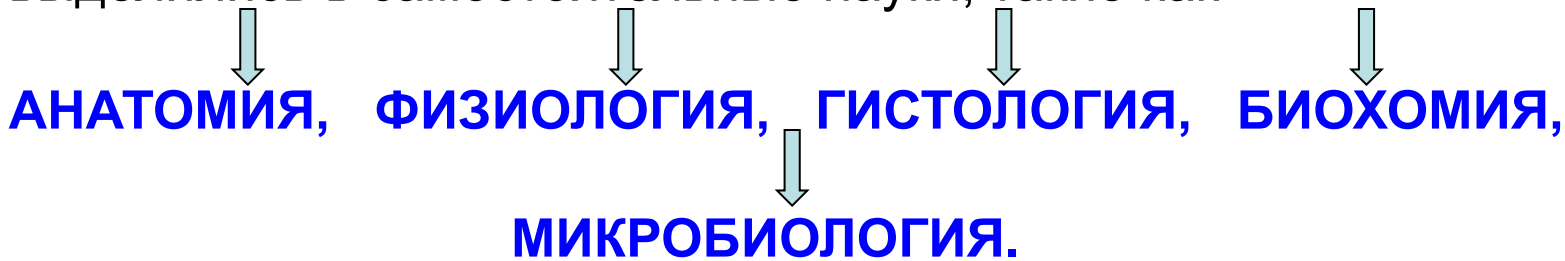


Тревиранус

Составной частью биологии является **МЕДИЦИНСКАЯ БИОЛОГИЯ**, которая изучает человека, его происхождение, эволюцию, географическое распространение, численность и структуру популяций человека в пространстве и времени.

МЕДИЦИНСКАЯ БИОЛОГИЯ изучает наследственность человека, его генетическую систему, генотипические и индивидуальные отличия людей, их экологию, физиологию, особенности поведения.

В медицинских вузах некоторые биологические дисциплины выделились в самостоятельные науки, такие как



Курс **медицинской биологии** является базой для изучения других теоретических дисциплин \ **ФАРМАКОЛОГИИ, БИОХИМИИ**\, а также клинических дисциплин \ **ТЕРАПИИ, ПЕДИАТРИИ, ИНФЕКЦИОННЫХ БОЛЕЗНЕЙ, ХИРУРГИИ** и др./

Что такое жизнь ?

Впервые научное определение жизни дал **Ф. Энгельс** в своем труде “Диалектика природы”:

” **Жизнь** — это способ существования белковых тел, существенным моментом которого является постоянный обмен веществ с окружающей их внешней природой, причем с прекращением этого обмена веществ прекращается и жизнь, что приводит к разложению белка”.

”**Жизнь** есть способ существования белковых тел, и этот способ существования состоит по своему существу в постоянном самообновлении химических составных частей этих тел.”

”**Анти-Дюринг** “

Современное определение жизни было дано русским ученым **ВОЛЬКЕНШТЕЙНОМ:**

” Живые тела, существующие на Земле, представляют собой открытые, саморегулирующие и самовоспроизводящие системы, построенные из биополимеров – белков и нуклеиновых кислот.”

Основные свойства жизни.

- 1. Единство химического состава.**
- 2. Обмен веществ и энергии /самообновление/.**
- 3. Репродукция /самовоспроизведение/.**
- 4. Саморегуляция.**
- 5. Раздражимость и движение.**
- 6. Биологическая ритмичность.**
- 7. Наследственность и изменчивость.**
- 8. Рост и развитие.**
- 9. Способность противостоять увеличению энтропии.**
- 10. Дискретность и целостность.**

Уровни организации жизни.

- 1. Молекулярно – генетический уровень:
 - **элементарная структура**: коды наследственной информации.
 - **элементарное явление**: воспроизведение этих кодов по принципу матричного синтеза или конвариантной редупликации молекулы ДНК.
 - **экологические проблемы уровня**: рост мутагенных факторов и увеличение доли мутаций в генофондах.

2. Клеточный уровень:

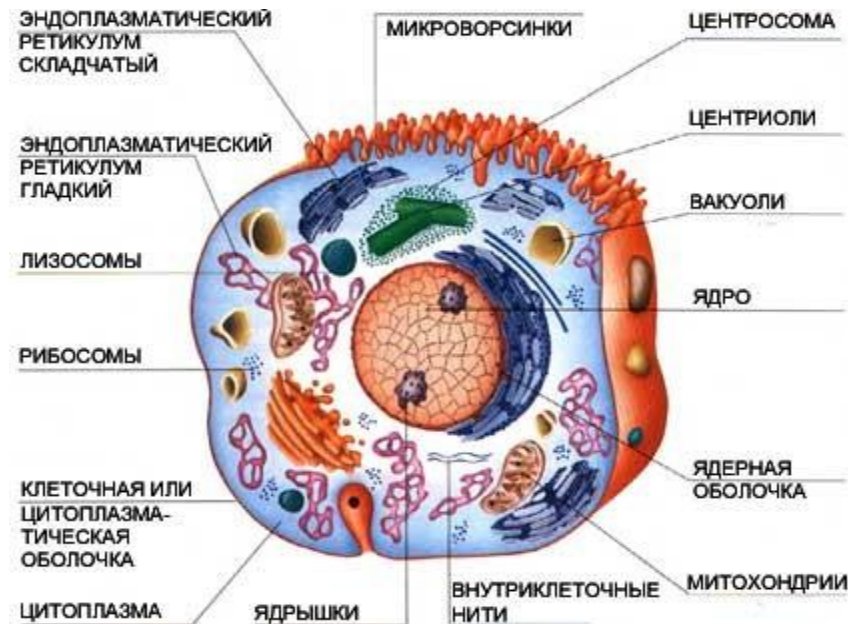
- элементарная структура:
клетки.

- элементарное явление:
жизненные циклы клеток.

- экологические проблемы уровня:
рост клеточной патологии в результате
загрязнения среды, нарушения
воспроизведения клеток.

Каждая клетка – относительно автономная самостоятельно функционирующая единица.

Клетки у многоклеточных объединяются в ткани и системы органов.



3. Организменный уровень:

- **элементарная структура:** организмы и системы органов, из которых они состоят.

- **элементарное явление:** комплекс физиологических процессов, обеспечивающих жизнедеятельность.

Элементарная единица жизни – **организм.**

Регулирующая система уровня - **генотип.**

Наследственная информация, закодированная в генотипе реализуется определенными фенотипическими проявлениями, определяет механизм адаптации и формирует определенное поведение живых существ в конкретных условиях среды.

- **экологические проблемы уровня:** снижение адаптационных возможностей организмов, развитие пограничных состояний у человека.

4. Популяционно – видовой уровень.

- элементарная структура: популяции.
- элементарное явление: видообразование на основе естественного отбора.

Популяция – основная единица эволюции.

Регулирующая система уровня - ее **генофонд**, который определяет эволюционные перспективы и экологическую пластичность популяций.

Причины, вызывающие изменение генофонда популяций :
мутации, комбинативная изменчивость, популяционные волны, изоляция.

Реализация изменений осуществляется путем естественного отбора .

-экологические проблемы уровня: снижение экологических показателей популяций /численности, плотности, возрастного состава /.

5. Биосферно – биогеоценотический уровень.

- элементарная структура: биогеоценозы.

- элементарное явление: динамические взаимосвязи биогеоценозов в масштабах биосферы.

Биогеоценоз – элементарная единица потока энергии и круговорота веществ.

Регулирующая система – **генопласт** – совокупность генофондов и генотипов адаптированных друг к другу популяций в окружающей их среде.

Весь комплекс биogeоценозов образует живую оболочку Земли - **Биосферу.**

Между биogeоценозами осуществляется не только материально – энергетический обмен, но и постоянная конкурентная борьба, что придает биосфере большую динамичность.

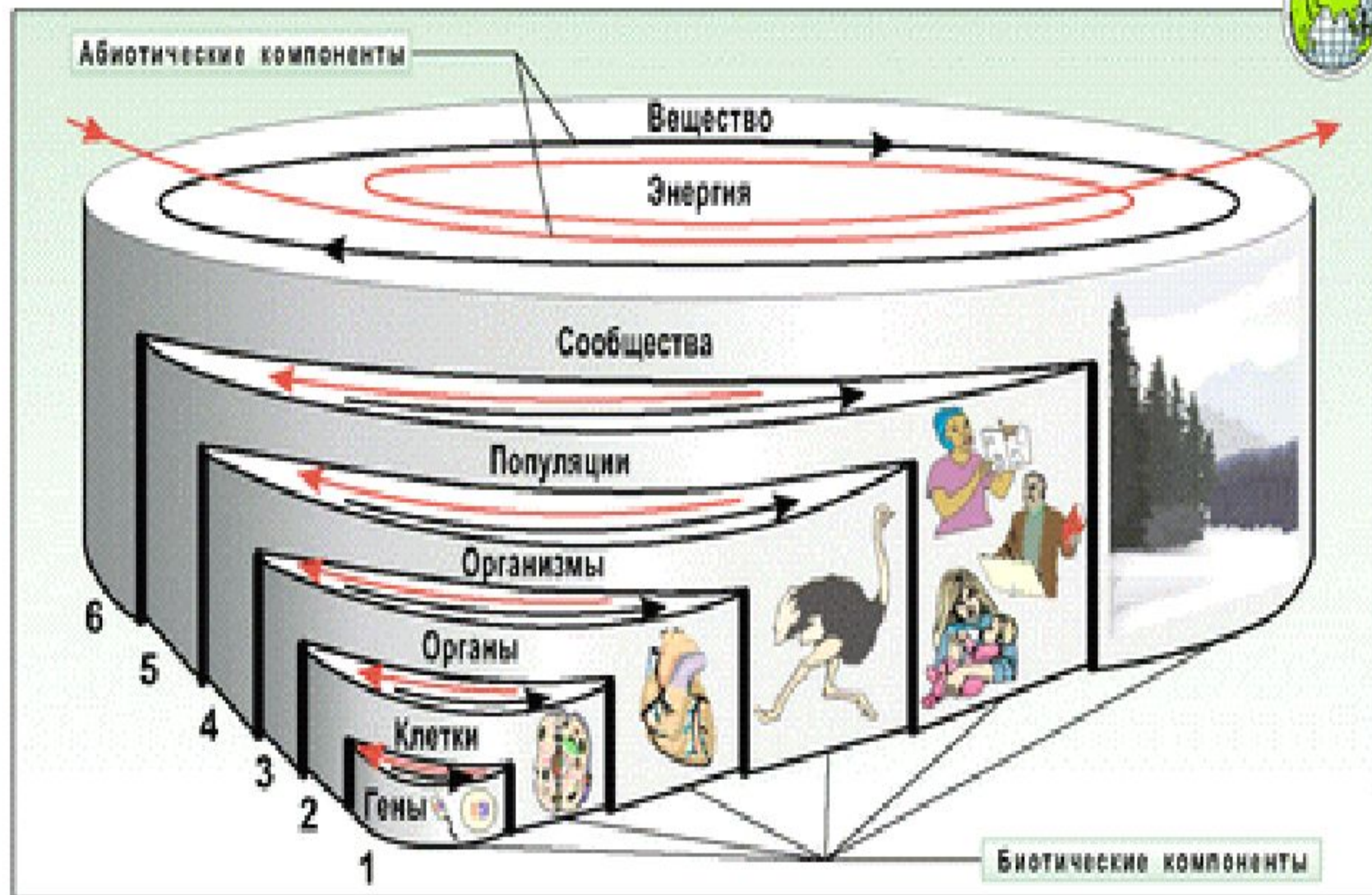
- **Экологические проблемы уровня :**

увеличение количества антропоценозов и их глобальное распространение , загрязнение среды, разрушение озонового экрана Земли..

Биологические уровни организации живой природы взаимно связаны между собой по принципу **биологической иерархии.**

Система нижнего уровня обязательно входит в состав более высшего уровня.

ИЕРАРХИЯ УРОВНЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ ЖИВОЙ МАТЕРИИ



1 - генетические системы, 2 - клеточные системы, 3 - системы органов, 4 - системы организмов,
5 - популяционные системы, 6 - экологические системы

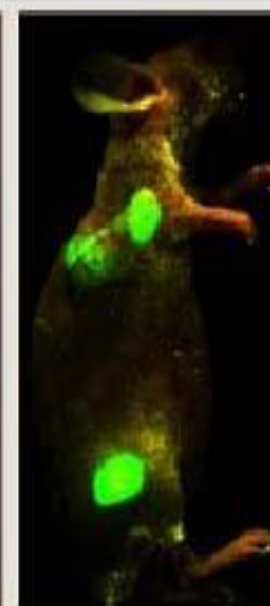
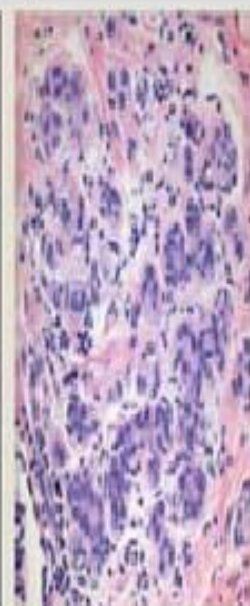
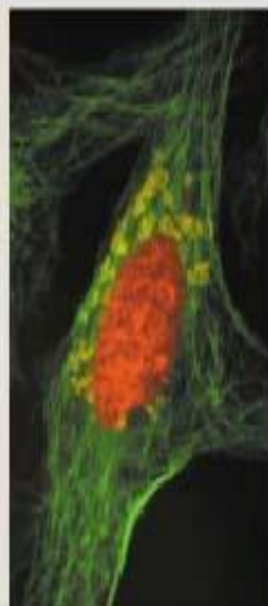
Молекулярная
биология

Клеточная
биология

Гистология,
гистопатология

Физиология

Медицина



ДНК

Белки

Клетки

Ткани

Животное

Человек

Геномика

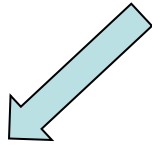
Протеомика

Цитомика

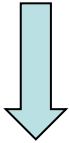
Феномика

Клиника

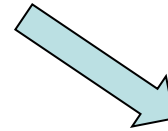
Формы жизни



Неклеточные



/Вирусы, фаги/.



Клеточные



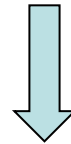
Прокариоты
/доядерные/



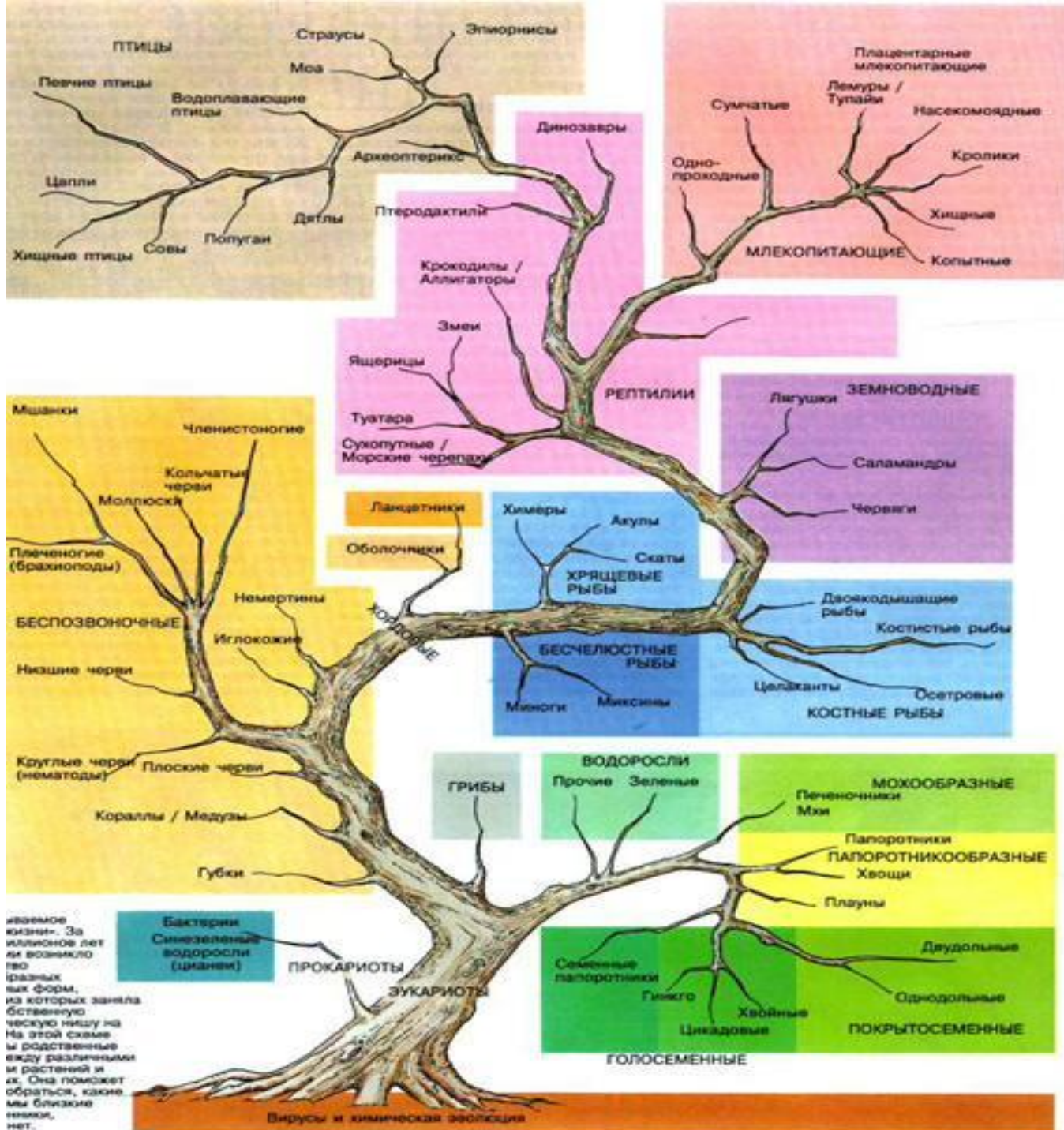
Эукариоты
/ядерные/



/бактерии,
сине-зеленые
водоросли./



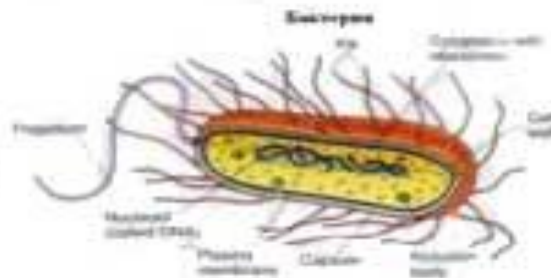
/ простейшие,
грибы,
растения,
животные/.



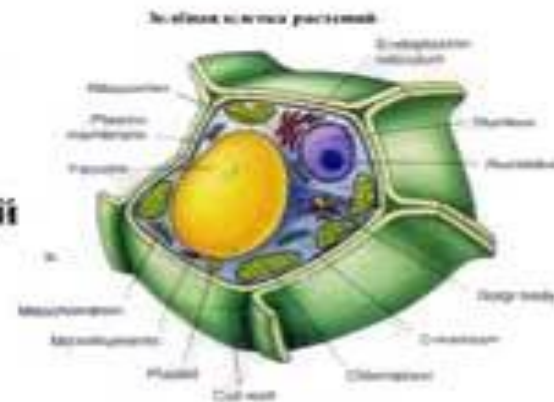
известной жизни. За миллиарды лет ей возникло две основных формы, из которых заняла оставшуюся часть жизни на этой планете и родственные ей различные виды растений и животных. Она поможет нам обратиться к своим близким родственникам, нет.

Вирсы и химическая эволюция

Бактерия



Клетка растений



Животная клетка



Три основные формы жизни

Структурно-функциональная организация клетки.

Клетка – наипростейшая биологическая система, способная к самообновлению, самовоспроизведению и развитию.

Клетка – основная структурно-функциональная и генетическая единица живого. Через нее идут потоки вещества, энергии и информации. Это динамически стойкая открытая система, состоящая из многих взаимосвязанных элементов.

Клетка – основа строения прокариот, одноклеточных, грибов, растений и животных.

Клетку окружает
клеточная
мембрана

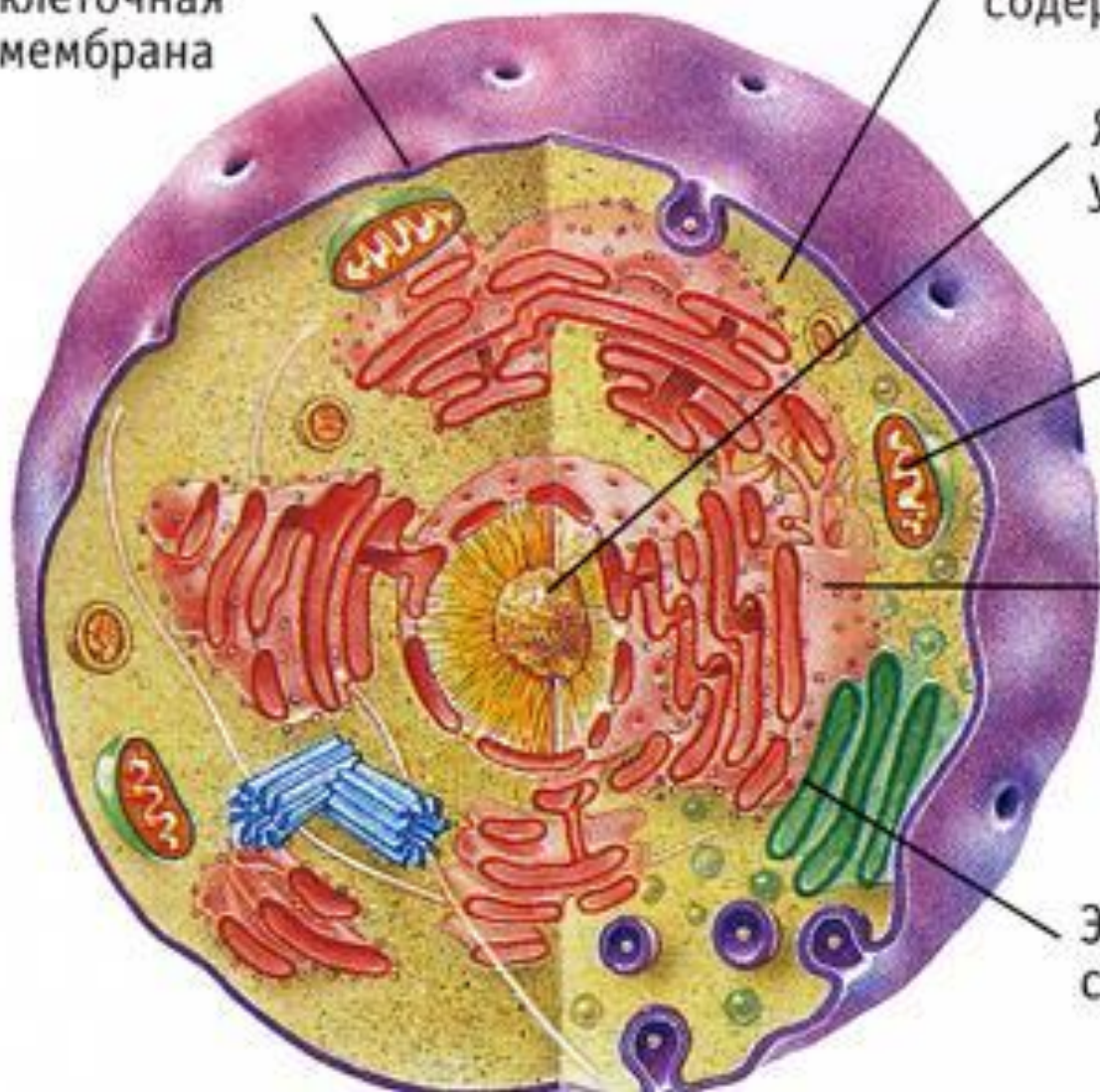
В студенистой цитоплазме
содержатся органеллы

Ядро – центр
управления клетки

Митохондрии обеспечи-
вают клетку энергией

В рибосомах на поверхности
эндоплазматической сети
идет синтез белка

Эндоплазматическая сеть осуще-
ствляет транспорт веществ



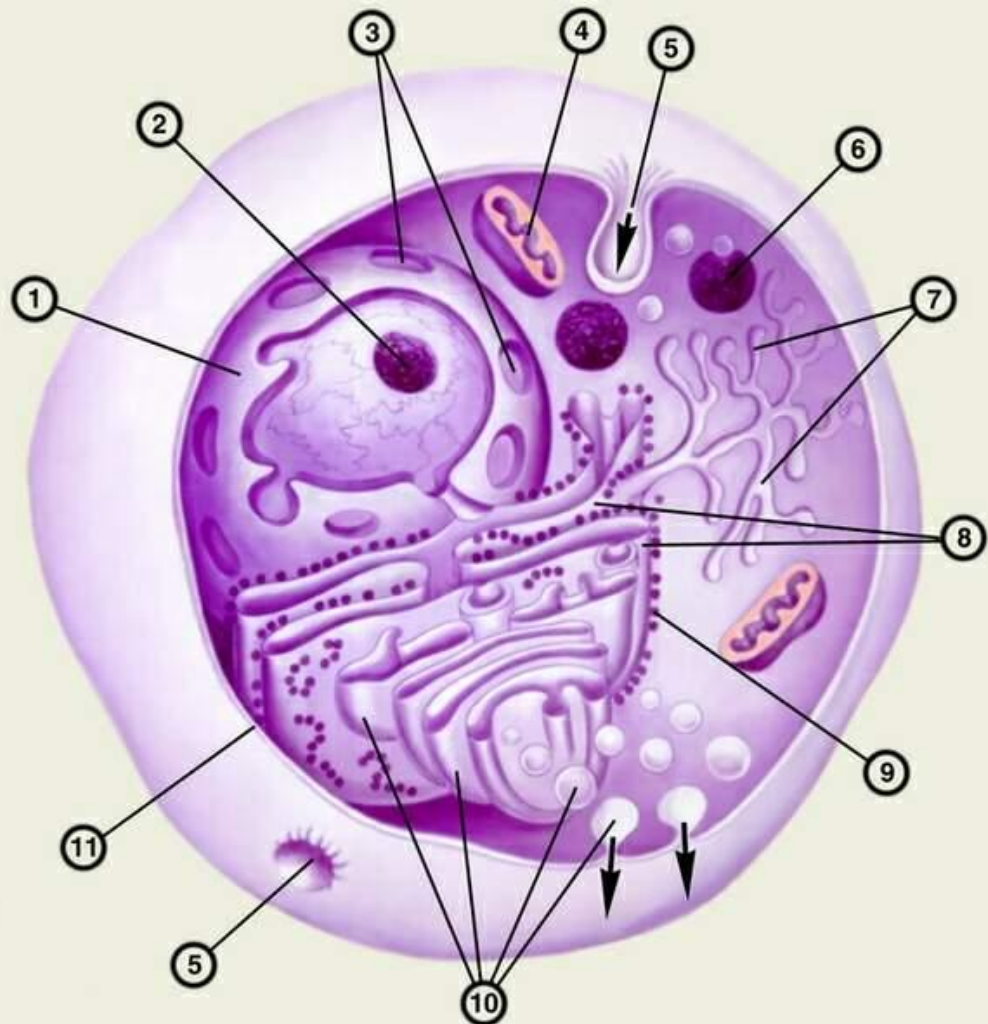
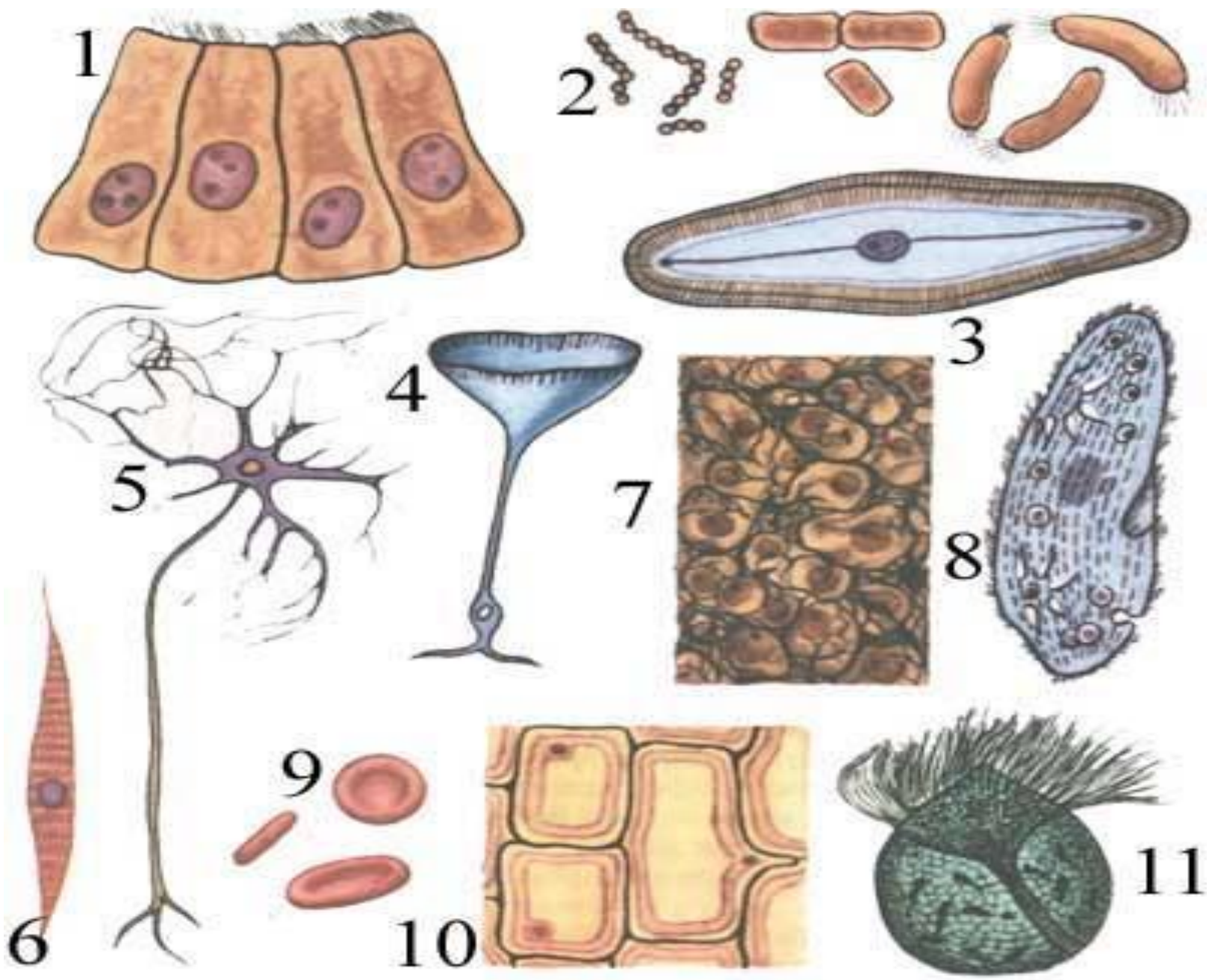


Рис. 1. Схема строения эукариотической клетки: 1 — ядро; 2 — ядрышко; 3 — поры ядерной оболочки; 4 — митохондрия; 5 — эндоцитозное впячивание; 6 — лизосома; 7 — агранулярный эндоплазматический ретикулум; 8 — гранулярный эндоплазматический ретикулум с полисомами; 9 — рибосомы; 10 — комплекс Гольджи; 11 — плазматическая мембрана. Стрелки указывают направление потоков при эндо- и экзоцитозе.





Прокариоты — одноклеточные доядерные организмы.

Особенности строения:

1. Небольшие размеры – 0,5 – 3 мкм.
2. Отсутствует ядерная мембрана , т.е. нет морфологически обособленного ядра.
3. Генетический материал представлен одной длиной кольцевой молекулой ДНК, упакованной в клетке в виде петель **/нуклеоид/**. Гистоновые белки не выявлены, отсутствует нуклеосомная организация хроматина.
Молекулярная масса ДНК прокариот составляет $2,5 \times 10^9 \pm 0,5 \times 10^9$, что соответствует примерно 2000 структурных генов.
4. Отсутствуют мембранные органоиды.

5. Наружная клеточная мембрана часто образует выпячивания в цитоплазму / **мезосомы**/, выполняющих функцию образования АТФ.

6. Отсутствует **клеточный центр**, не типичны внутриклеточные перемещения цитоплазмы и амебоидное движение.

7. Покрываются клеточной стенкой, содержащей гликопептид **муреин** – механически плотный защитный элемент клеточной стенки.

8. В цитоплазме могут содержаться **плазмиды** – мелкие кольцевые молекулы ДНК, содержащие один или несколько генов.

9. Размножаются **амитозом** каждые 20 минут.

Эукариоты – организмы, клетки которых имеют ядро, окруженное мембранной оболочкой.

Особенности строения:

1. Форма клеток разнообразная, размеры колеблются в пределах от 5 до 100 мкм.
2. Клетки имеют сходный химический состав и обмен веществ.
3. Клетки разделены системой мембран на **компартменты**.
4. Генетический материал сосредоточен преимущественно в хромосомах, которые имеют сложное строение и образованы **нитями ДНК и гистоновыми белковыми молекулами**.
5. В цитоплазме находятся мембранные органоиды, центриоли.
6. Деление клеток митотическое.

Основными компонентами **КЛЕТОК** есть биомембраны, цитоплазма и ядро.

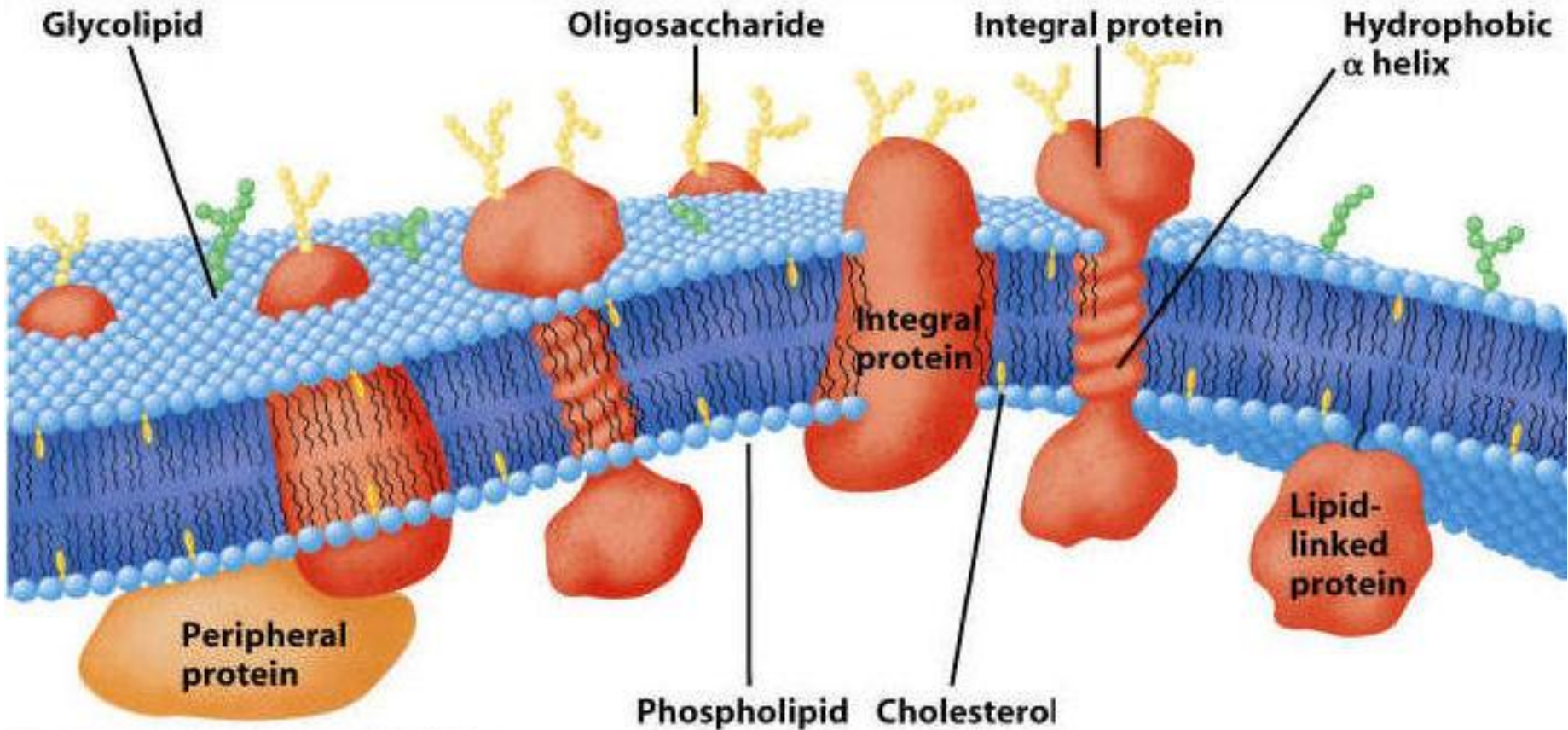


Figure 9-26 Fundamentals of Biochemistry, 2/e
© 2006 John Wiley & Sons

Ядро – обязательный структурный компонент каждой эукариотической клетки, содержащий генетический материал.

В животных клетках наследственная информация хранится в **ядре и митохондриях**.

В растительных клетках - **в ядре, митохондриях и пластидах**.

Ядро состоит из:

1. Ядерная оболочка;
2. Кариоплазма;
3. Хроматин;
4. Ядрышко.

Форма ядра зависит от формы самой клетки и от функций, которые она выполняет.

Размеры ядра, также в основном, зависят от размеров клетки.

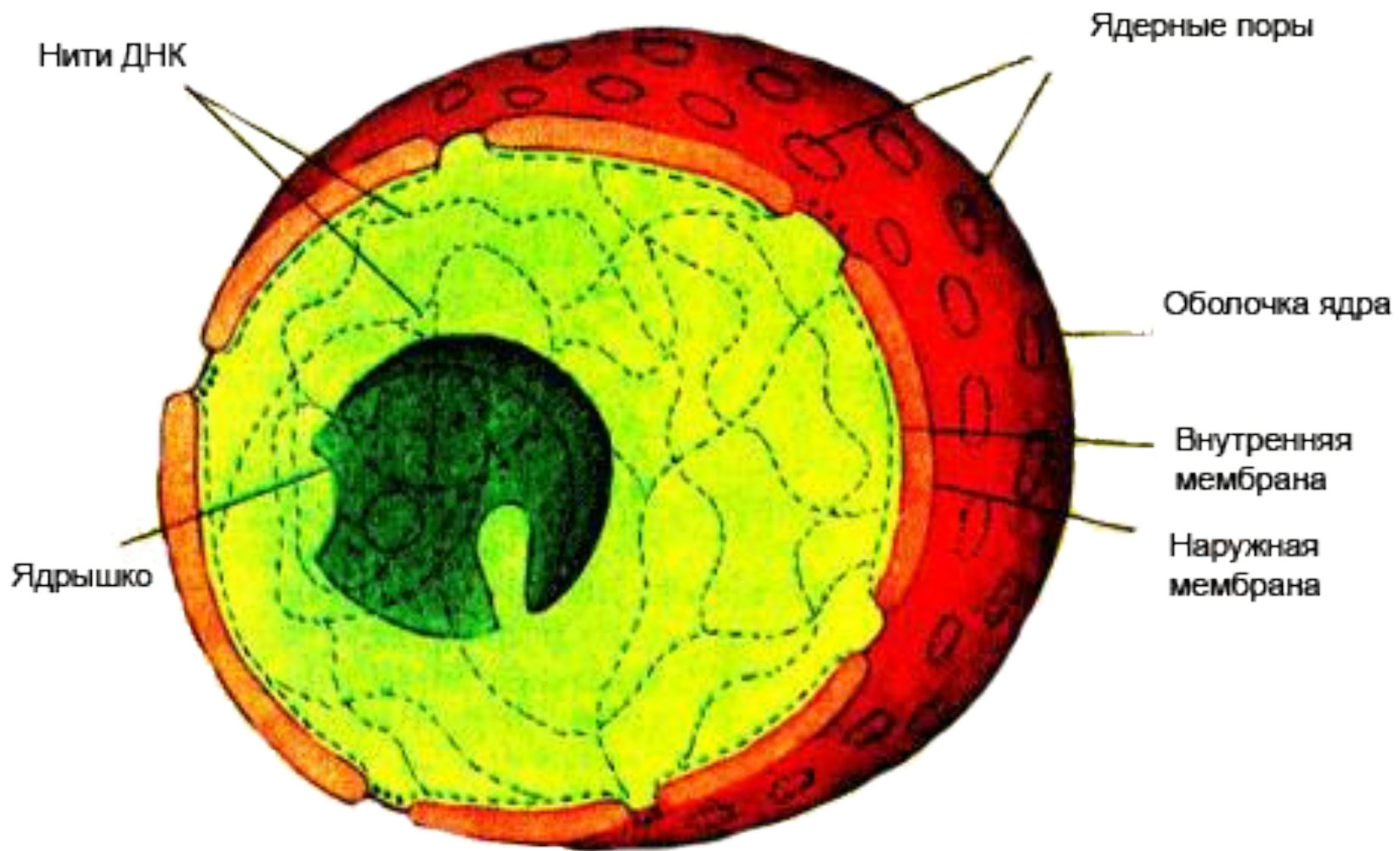
Ядерно-цитоплазматический индекс -
соотношение объемов ядра и цитоплазмы.

Изменение этого соотношения есть одной из причин клеточного деления или нарушения обмена веществ.

Ядерная оболочка интерфазного ядра состоит из двух элементарных мембран /наружной и внутренней/ ; между ними находится **перинуклеарное пространство** , которое через каналы эндоплазматического ретикулума связано с разными участками цитоплазмы.

Обе ядерные мембраны пронизаны **порами**, через которые осуществляется избирательный обмен веществ между ядром и цитоплазмой.

Изнутри ядерная оболочка покрыта белковой сеткой – **ядерной ламиной**, что обуславливает форму и объем ядра.



К ядерной ламине **теломерными участками** присоединяются **нити хроматина**. **Микрофилименты** образуют внутреннюю основу ядра.

Внутренний "скелет" ядра имеет большое значение для обеспечения упорядоченного течения основных процессов **транскрипции, репликации, процессинга**.

Снаружи ядро также покрыто **микрофиламентами**, которые являются элементами **цитоскелета клетки**. Наружная ядерная мембрана имеет на своей поверхности **рибосомы** и связана с мембранами **эндоплазматического ретикулума**.

Ядерная оболочка обладает **избирательной проницаемостью**. Потоки веществ регулируются специфическими особенностями белков мембран и ядерных пор /от 1000 до 10000 /.

Основные функции ядерной оболочки.

1. Образование **компартамента** клетки, где сосредоточен генетический материал и созданы условия для его сохранения и удвоения.
2. Отделение содержимого ядра от цитоплазмы.
3. Поддержание формы и объема ядра.
4. Регуляция потоков веществ / из ядра через поры в цитоплазму поступают различные виды РНК и субъединицы рибосом, а в середину ядра переносятся необходимые белки, вода, ионы.

Кариоплазма – однородная бесструктурная масса, заполняющая пространство между хроматином и ядрышками.

Она содержит воду / 75-80%/, белки, нуклеотиды, аминокислоты, АТФ, различные виды РНК, субчастицы рибосом, промежуточные продукты обмена веществ и осуществляет взаимосвязь структур ядра и цитоплазмы.

Хроматин .

Генетический материал в интерфазном ядре находится в виде переплетающихся хроматиновых нитей. Это – комплекс ДНК и белков /дезоксирибонуклеопротеид- **ДНП** /. В процессе митоза, спирализуясь, хроматин образует хорошо видимые интенсивно окрашивающиеся структуры – **ХРОМОСОМЫ**.

Ядрышки / одно или несколько/– гранулярные, округлые, сильно окрашиваемые структуры, не имеющие мембраны.

Ядрышки состоят из белков, РНК, липидов и ферментов. Содержание ДНК не более 15% и находится преимущественно в центре его.

Ядрышки фрагментируются в начале деления клетки и восстанавливаются после его окончания.

В ядрышках выделяют **3 участка:**

- 1 Фибриллярный;**
- 2. Гранулярный;**
- 3. Слабоокрашенный.**

Фибриллярный участок ядрышка состоит из нитей РНК. Это место активного синтеза рибосомной РНК на рРНК- генах вдоль молекулы ДНК деконденсированного хроматина.

- **Гранулярный участок** состоит из частиц РНК, сходных с рибосомами цитоплазмы. Это место объединения РНК и рибосомальных белков и образования зрелых малых и больших **субъединиц рибосом**.

- **Слабоокрашенный участок** ядрышка содержит ДНК/не активную/, которая не транскрибируется.

Образование ядрышек связано со вторичными перетяжками метафазных хромосом **/ядрышковые организаторы/**, в области которых локализованы гены, кодирующие синтез р-РНК. В клетках человека эти функции выполняют хромосомы №13, 14, 15, 21,22, которые имеют сателлиты или спутники.

Основные функции ядрышек.

1. Синтез рибосомной РНК.
2. Образование субъединиц рибосом.

ФУНКЦИИ ЯДРА :

1. Хранение и передача наследственной информации,
2. Регуляция всех процессов жизнедеятельности клетки;
3. Репарация ДНК;
4. Синтез всех видов РНК;
5. Образование рибосом.
6. Реализация наследственной информации путем регуляции синтеза белков.

ХРОМОСОМЫ.

Хромосомы – нитевидные структуры, хорошо видимые в световой микроскоп только в процессе деления клеток, образуются из хроматина в процессе его конденсации.

В зависимости от степени конденсации хроматин подразделяется на

1. Гетерохроматин – сильно спирализованный и генетически неактивный , выявляется в виде сильно окрашенных темных участков ядра.

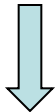
2. Эухроматин - малоконденсированный, генетически активный, выявляется в виде светлых участков ядра.

Химический состав хромосом :

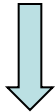
1. ДНК – 40% ;
2. Основные или гистоновые белки – 40% ;
3. Негистоновые /кислые или нейтральные/ - 20% ;
4. Следы РНК, липидов, полисахаридов, ионы металлов.

ХРОМОСОМЫ:

в интерфазном ядре
мейозе/

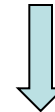


деспирализованные
/деконденсированные/

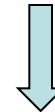


имеют вид длинных, тонких
хроматиновых нитей, не
видны в световой микроскоп .

при делении /митозе,



спирализованные
/ конденсированные/



имеют вид X-образных струк -
тур, максимально спирализо-
ванных в метафазе митоза и
видимых в световой мик-
роскоп.

Строение метафазной хромосомы.

Метафазная хромосома состоит из 2-х продольных нитей ДНП или двух сестринских хроматид, соединенных друг с другом в области первичной перетяжки или

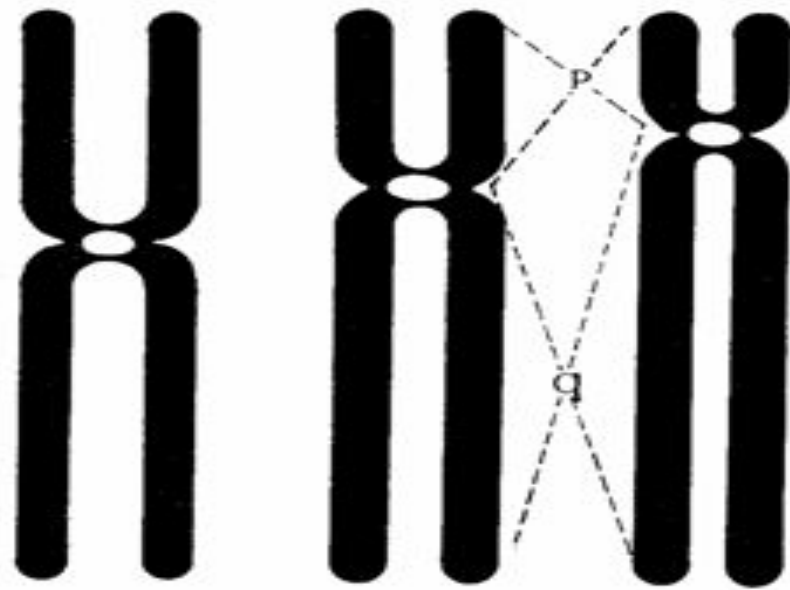
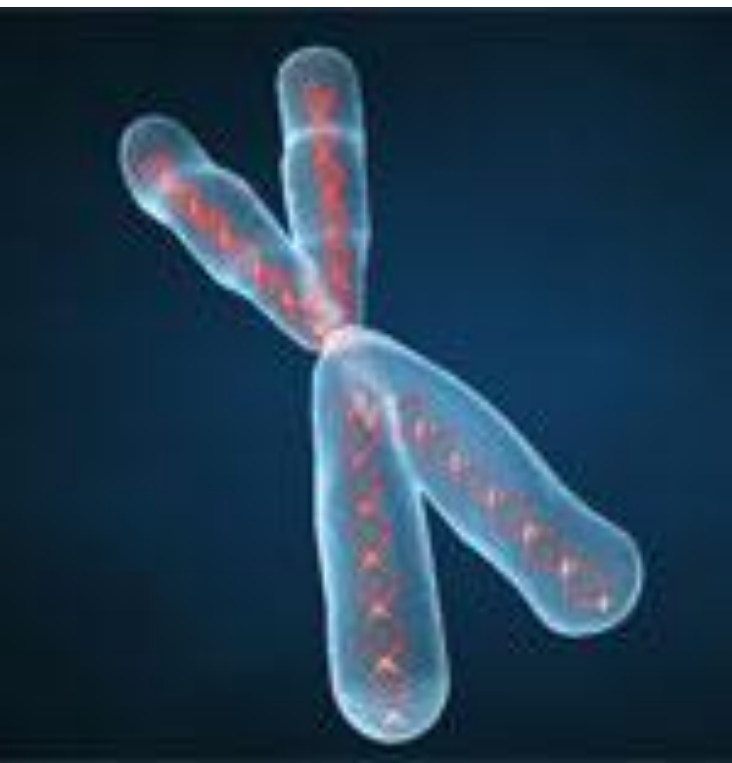
центромеры.

Центромера - /наименее спирализированная часть хромосомы/ делит тело хромосомы на **2 плеча**.

Центромера – нереплицированный участок ДНК, где располагаются специальные белки, образующие **кинетохоры**, к которым прикрепляются нити ахроматинового веретена. Это способствует делению дочерних хроматид во время анафазы.

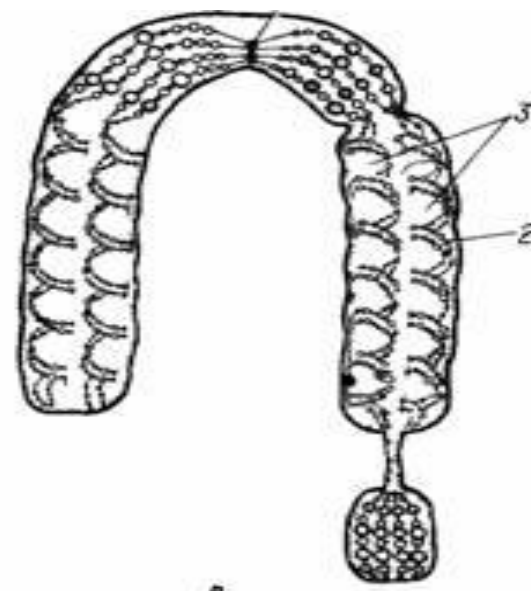
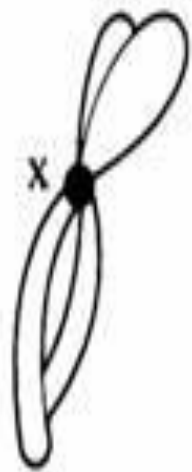
Концы плеч хромосом называются **ТЕЛОМЕРАМИ**. Это генетически неактивные спирализированные участки, которые препятствуют соединению хромосом между собой, обеспечивая их индивидуальность.

Потеря этих участков может сопровождаться **ХРОМОСОМНЫМИ ПЕРЕСТРОЙКАМИ**.



Метацентрическая Субметацентрическая Акроцентрическая

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



В зависимости от расположения **ЦЕНТРОМЕРЫ** различают следующие **виды хромосом**:

1. **МЕТАЦЕНТРИЧЕСКИЕ** или равноплечие.
2. **СУБМЕЦЕНТРИЧЕСКИЕ** – центромера умеренно смещена от середины хромосомы и плечи имеют разную длину.
3. **АКРОЦЕНТРИЧЕСКИЕ** – центромера значительно смещена к одному концу хромосомы и одно плечо очень короткое.
4. **ТЕЛОЦЕНТРИЧЕСКИЕ** – патологические хромосомы. Возникают при полной потере короткого плеча.

Короткое плечо обозначают латинской буквой – **p**, длинное – **q**.

Некоторые хромосомы имеют **ВТОРИЧНЫЕ ПЕРЕТЯЖКИ**, отделяющие от тела хромосомы участок – спутник /**спутничные хромосомы**/.

Правила хромосом.

1. Постоянства числа хромосом.

Человек - 46;

Комнатная муха – 12;

Зеленая лягушка – 26;

Окунь - 28 ;

Кролик – 44 ;

Таракан – 48 ;

Шимпанзе - 48 ;

Лошадь - 66 ;

Голубь - 80 ;

Кошка - 38 ;

Собака - 78 ;

Курица – 78 ;

Аскарида - 2 ;

Дрозофила – 8;

Карп - 104;

Рак - 254;

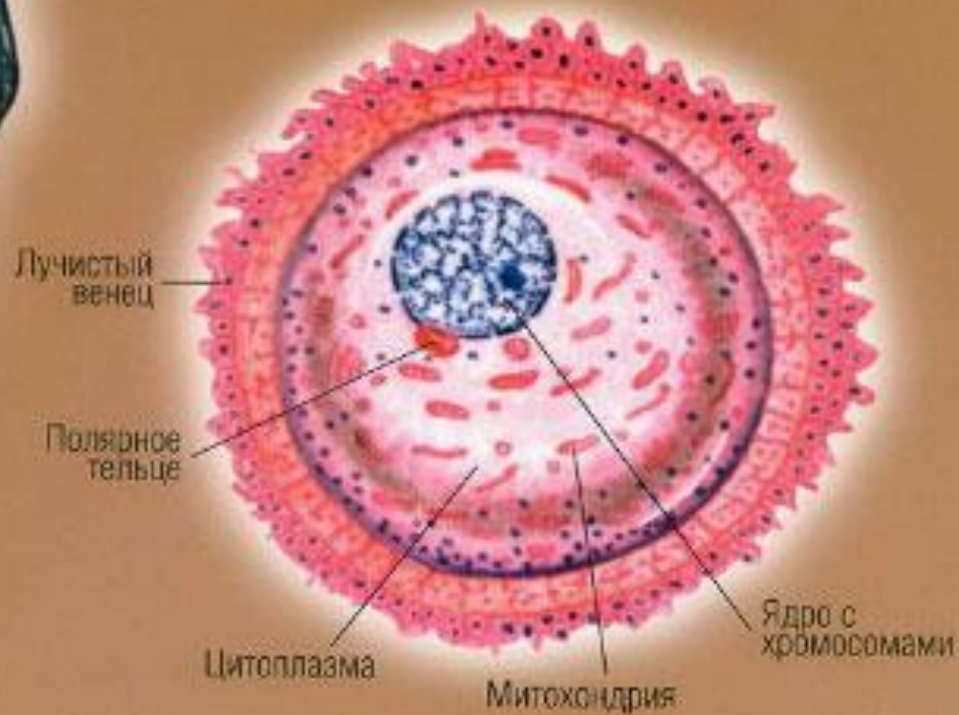
2. Парности хромосом.

Каждая хромосома соматических клеток имеет **ГОМОЛОГИЧНУЮ** –сходную по размерам, расположению центромеры и содержанию генов.

СПЕРМАТОЗОИД



ЯЙЦЕКЛЕТКА



3. Индивидуальности хромосом.

Каждая пара хромосом отличается от другой пары размерами, расположением центромеры и содержанием генов.

4. Непрерывности хромосом.

В процессе удвоения генетического материала дочерняя молекула ДНК синтезируется на основе информации материнской молекулы ДНК /каждая хромосома от хромосомы/.

ХРОМОСОМНЫЕ НАБОРЫ.

Различают 2 типа клеток:

Соматические

Диплоидный набор
хромосом $2n = 46$

Половые

Гаплоидный набор
 $n = 23$

Хромосомы подразделяются на:

Аутосомы



Одинаковые у обоих полов .

Гетерохромосомы/или половые хромосомы /



Разный набор у мужских и женских особей.

У ЧЕЛОВЕКА : 22 пары аутосом и 2 пары гетерохромосом:

XX - у женщины,

XY - у мужчины.

КАРИОТИП –совокупность хромосом клетки, характеризующаяся определенным числом, величиной и формой, присущая данному виду.

В кариотипе все хромосомы парные /**гомологичные**/; они содержат **аллельные гены** и конъюгируют при мейозе.

ИДИОГРАММА – систематизированный кариотип, в котором хромосомы располагаются в порядке уменьшения их величины.

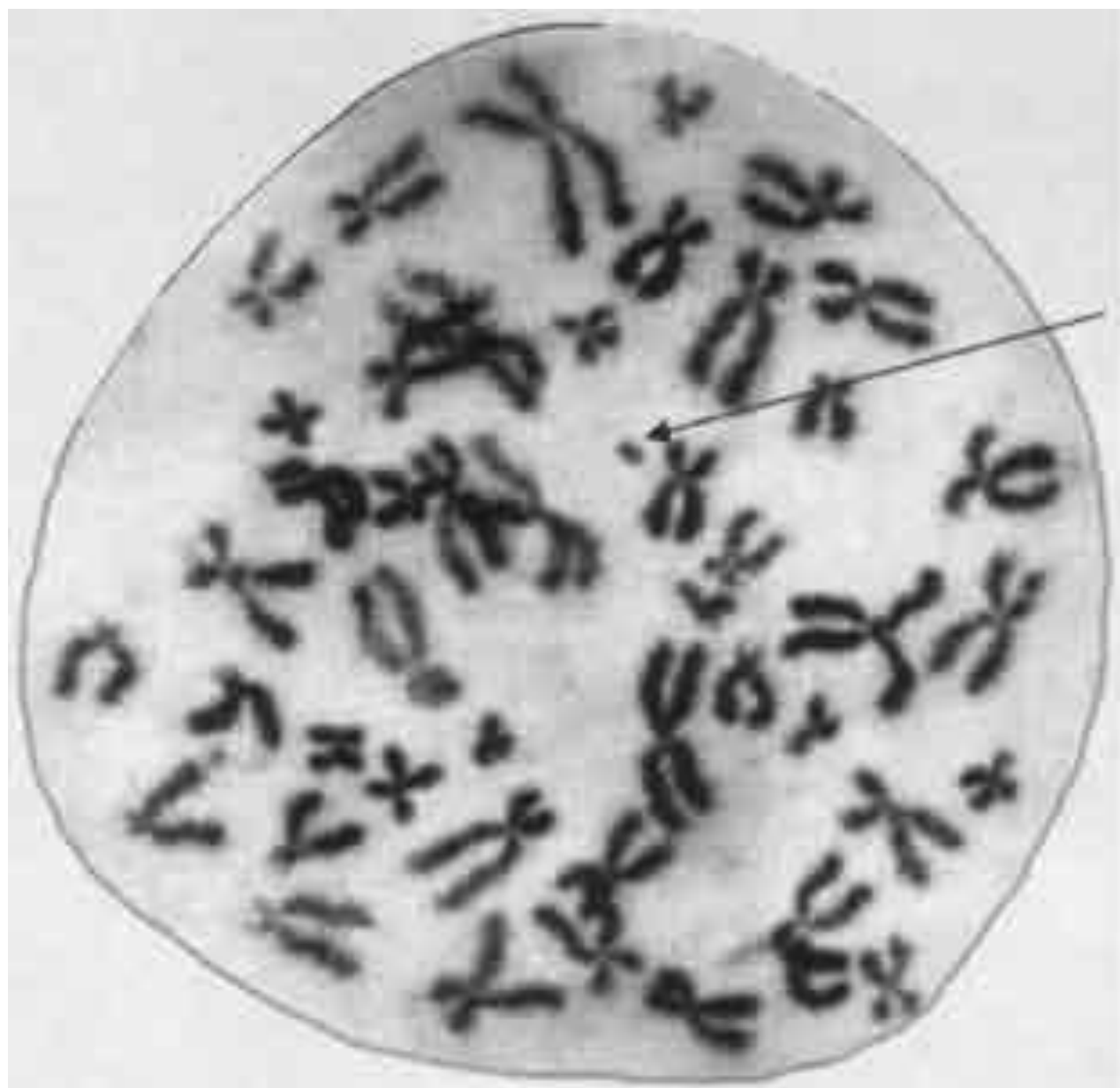
. МЕТОДИКА ПРИГОТОВЛЕНИЯ МЕТАФАЗНОЙ ПЛАСТИНКИ.

Для изучения кариотипа человека используют лейкоциты крови, клетки эмбриона, фибробласты кожи, клетки плаценты, ворсинчатой оболочки плода, клетки амниотической жидкости.

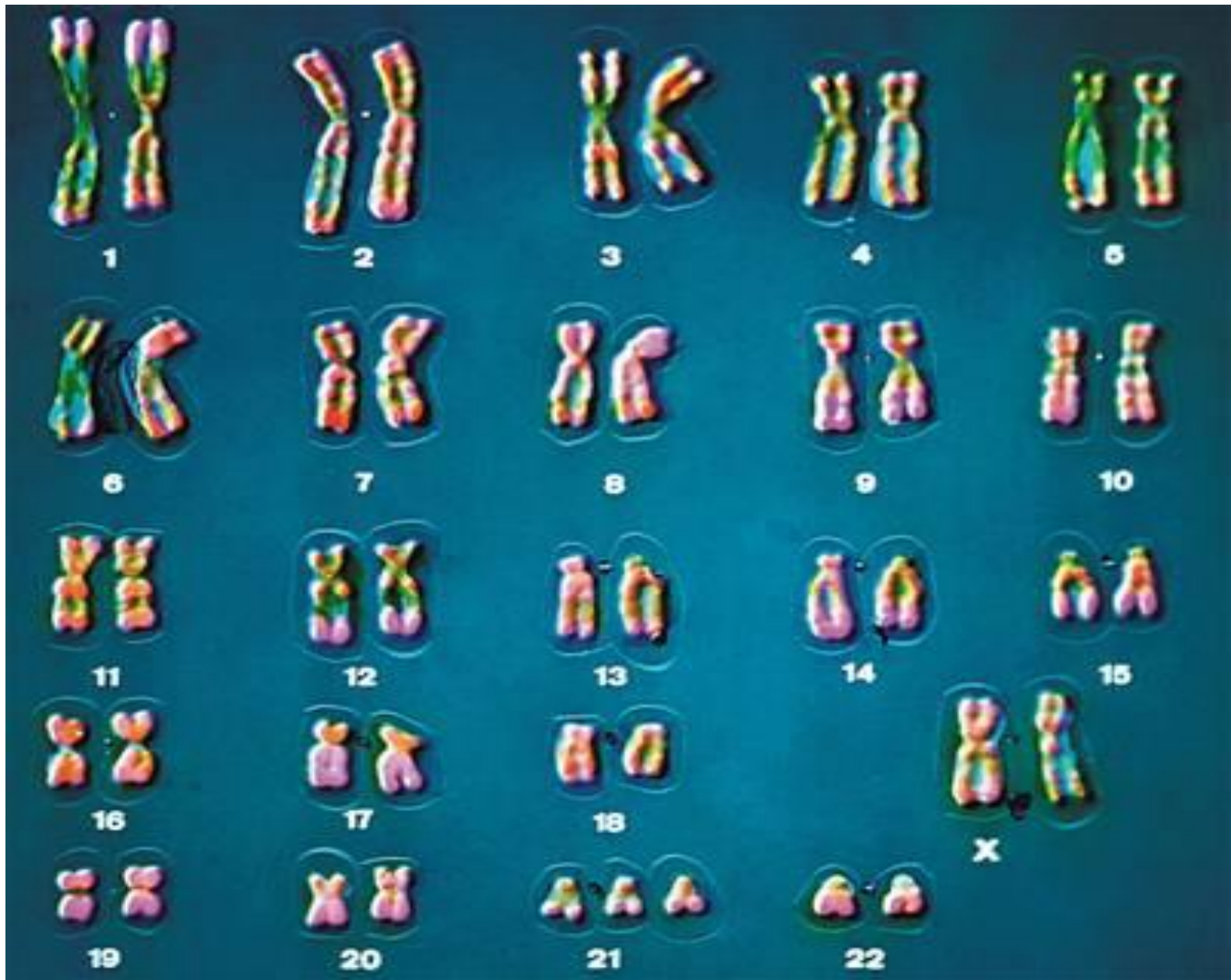
Препарат, на котором хорошо видны хромосомы называется **МЕТАФАЗНОЙ ПЛАСТИНКОЙ**.

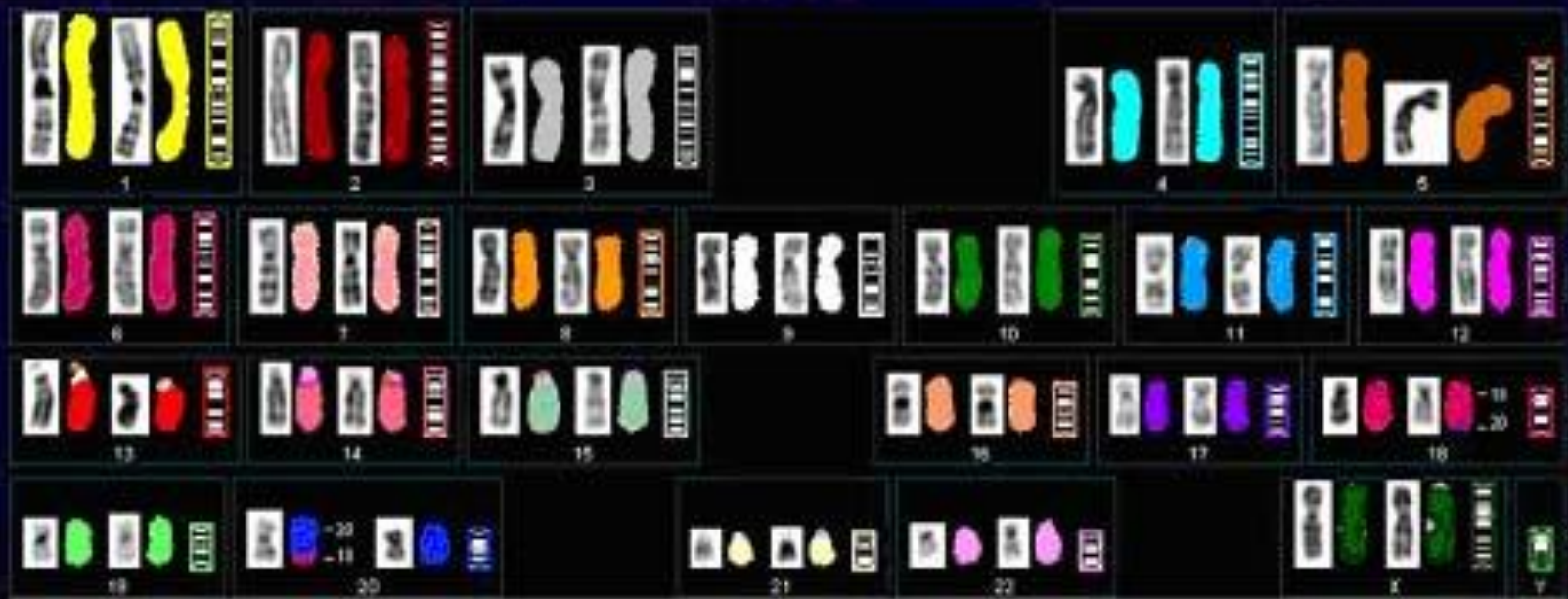
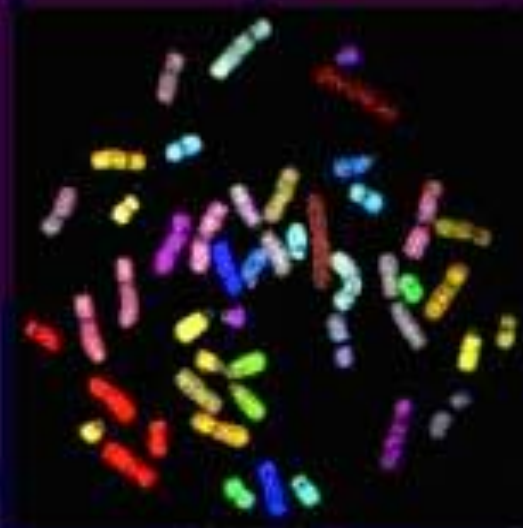
МЕТОДИКА:

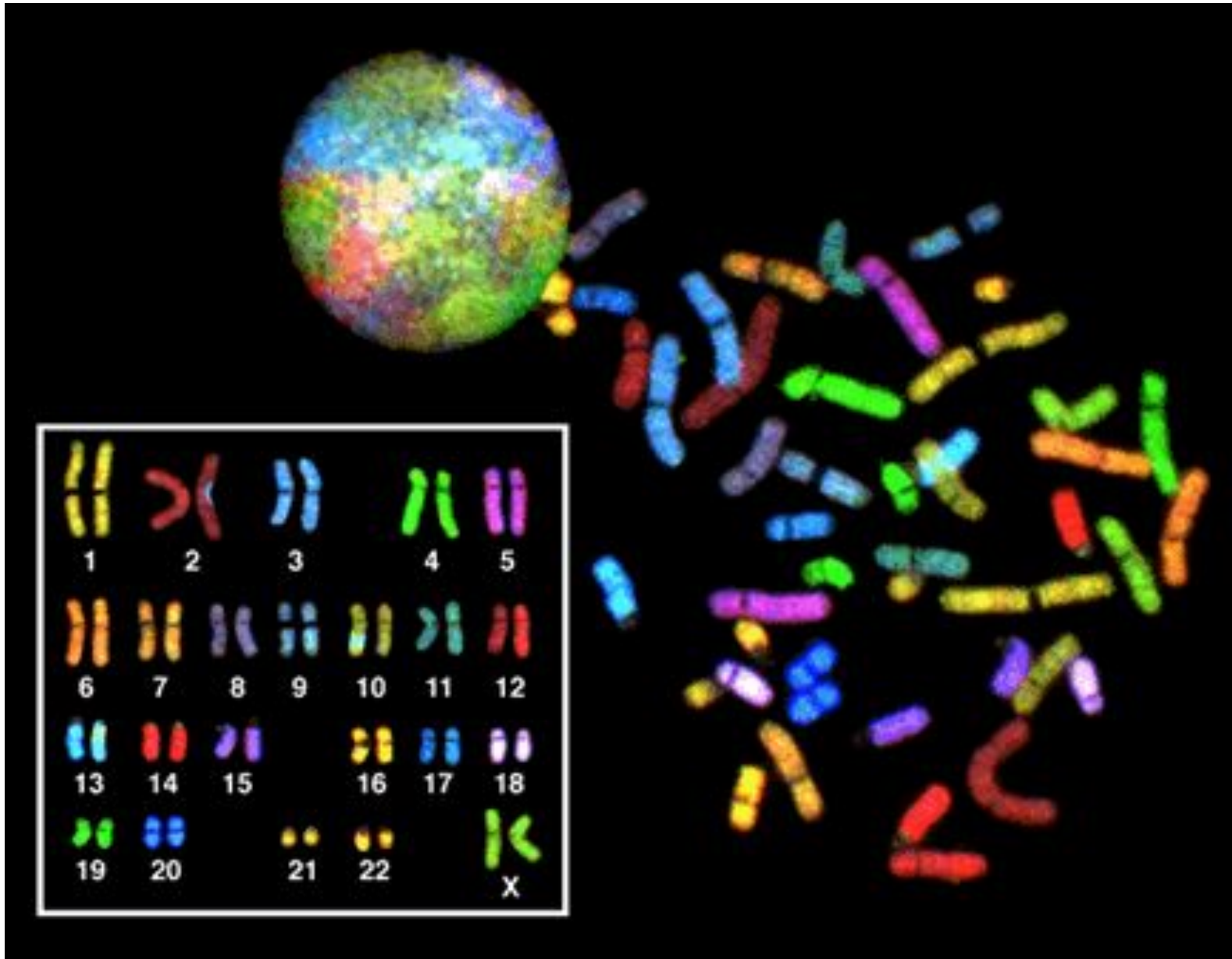
1. Несколько капель крови из вены или пальца помещают в пробирку с питательной средой №199 и фитогемагглютинином /ФГА/, стимулирующим деление клеток.
2. Помещают в термостат при $t = 37\text{ C}$ на 72 часа. За это время клетки проходят 3 митоза.
3. Добавляют колхицин, который растворяет нити веретена и останавливает деление на стадии метафазы.

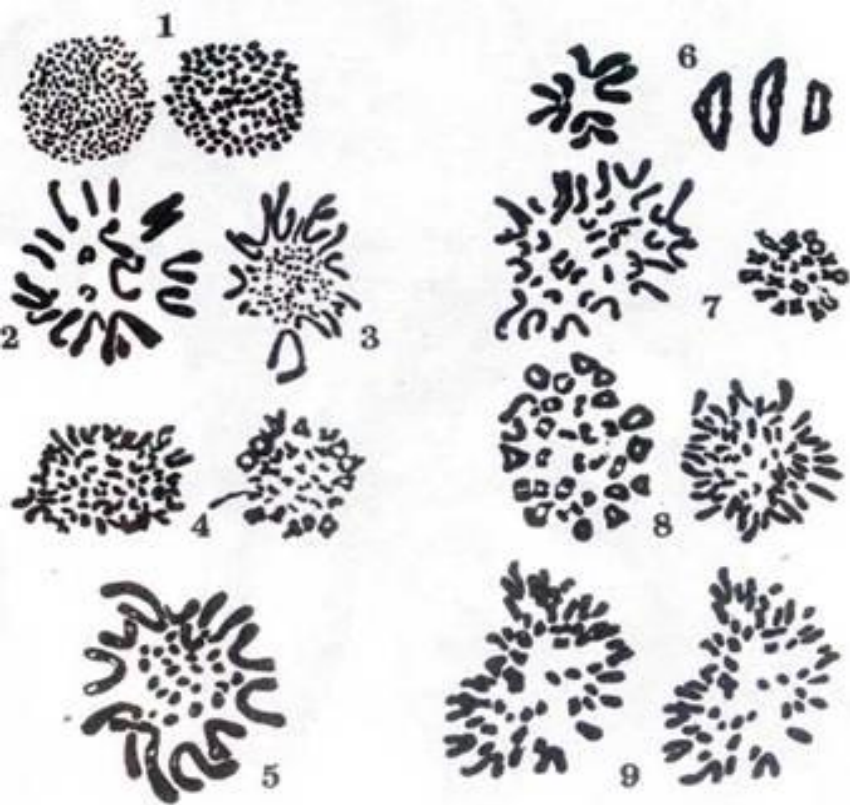


Маркерная
хромосома

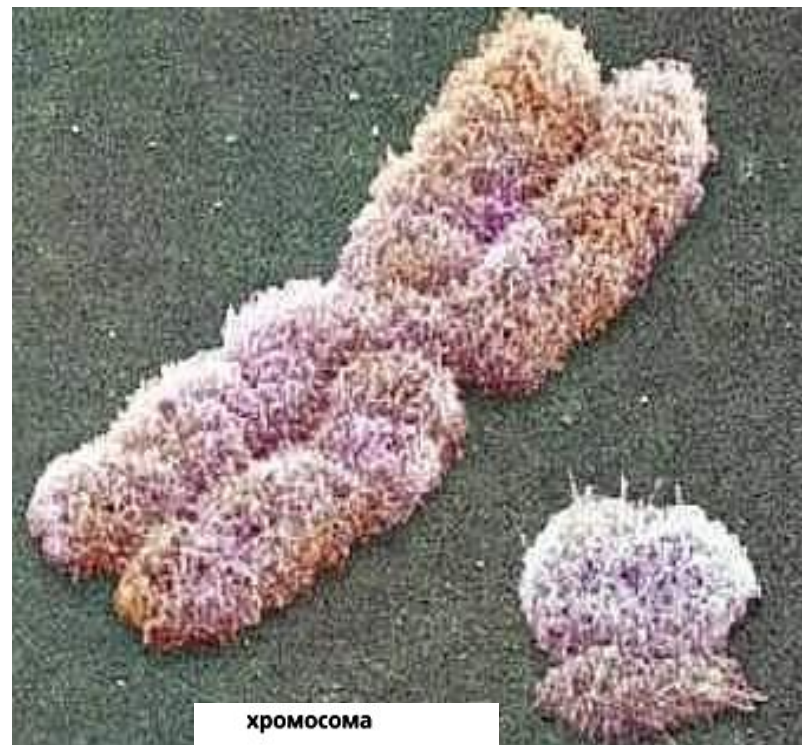




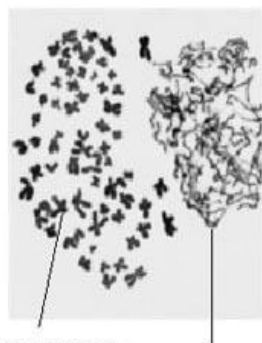




Митотические хромосомы

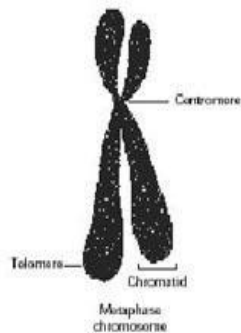


хромосома



Митотическая пластинка

G₁



Митотическая хромосома состоит из двух хроматид



центромера

теломера хроматида

4. Добавляют гипотонический раствор KCl: клетки набухают, хромосомы отходят друг от друга.

5. Готовят временный препарат: 1 каплю культуры капают на предметное стекло с высоты 1 м, для того, чтобы клетки разбились и хромосомы расположились далеко друг от друга.

6. Препарат фиксируют, окрашивают по Романовского-Гимза.

7. Изучают с помощью светового микроскопа под иммерсией.

КЛАССИФИКАЦИЯ ХРОМОСОМ ЧЕЛОВЕКА.

В 1960 году английский генетик **ПАТАУ** разработал классификацию хромосом, которая была принята на международном генетическом Конгрессе в американском городе **ДЕНВЕРЕ**.

Согласно **Денверской классификации** все аутосомы разделены на 7 групп в зависимости от их длины и расположения центромеры.

Каждая группа обозначается латинскими буквами от **A до G.**

Хромосомы располагаются попарно по мере **убывания их величины**, с учетом положения центromеры, наличием **вторичных перетяжек и спутников** и нумеруются арабскими цифрами от большей / **№ 1/** к меньшей / **№ 22/**.

Исключение составляют **половые хромосомы**, которые не нумеруются и выделяются особо.

Группы хромосом хорошо отличаются друг от друга. Пары хромосом внутри групп можно отличить только с помощью методов дифференциальной окраски хромосом. Это было положено в основу

Парижской классификации хромосом /1971/.

При дифференциальной окраске в каждой паре хромосом выявляется характерный только для нее уникальный порядок чередования темных и светлых полос-**гетеро- и эухроматиновых участков.**

Группа	Номер	Строение
A	1,2,3, 2-	самые крупные, 1,3 метацентрические субметацентрическая.
B	4,5	крупные субметацентрические.
C	6 -12	средние субметацентрические, 6 пара сходна с X-хромосомой.
D	13 -15	средние акроцентрические, имеют спутники.
E	16 -18	короткие, 16-метацентрическая, 17 -18 – субметацентрические.
F	19, 20	мелкие, метацентрические.
G	21 -22	самые мелкие, акроцентрические, сходны с Y-хромосомой.

Важным признаком, облегчающим классификацию хромосом является

ЦЕНТРОМЕРНЫЙ ИНДЕКС -

- отношение / в % / длины короткого плеча к длине всей хромосомы.

Длина самой большой хромосомы человека – 11 мкм / № 1 /.

Длина самой маленькой хромосомы человека – 2,3 мкм / № 21,22 /.

Классификация всех **хромосомных болезней человека** основана на данных классификациях хромосом.

Пример: Трисомия по 21 паре хромосом – **болезнь Дауна.**

Цитогенетика – наука о генетическом аппарате клетки.

УРОВНИ УПАКОВКИ ГЕНЕТИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА.

Общая длина молекулы ДНК в одной хромосоме человека достигает примерно 4 см, а суммарная длина ДНК ядра одной клетки равна в среднем 1,74 м. Уложить такую длинную цепь в 46 хромосом можно только благодаря очень эффективной **конденсации**.

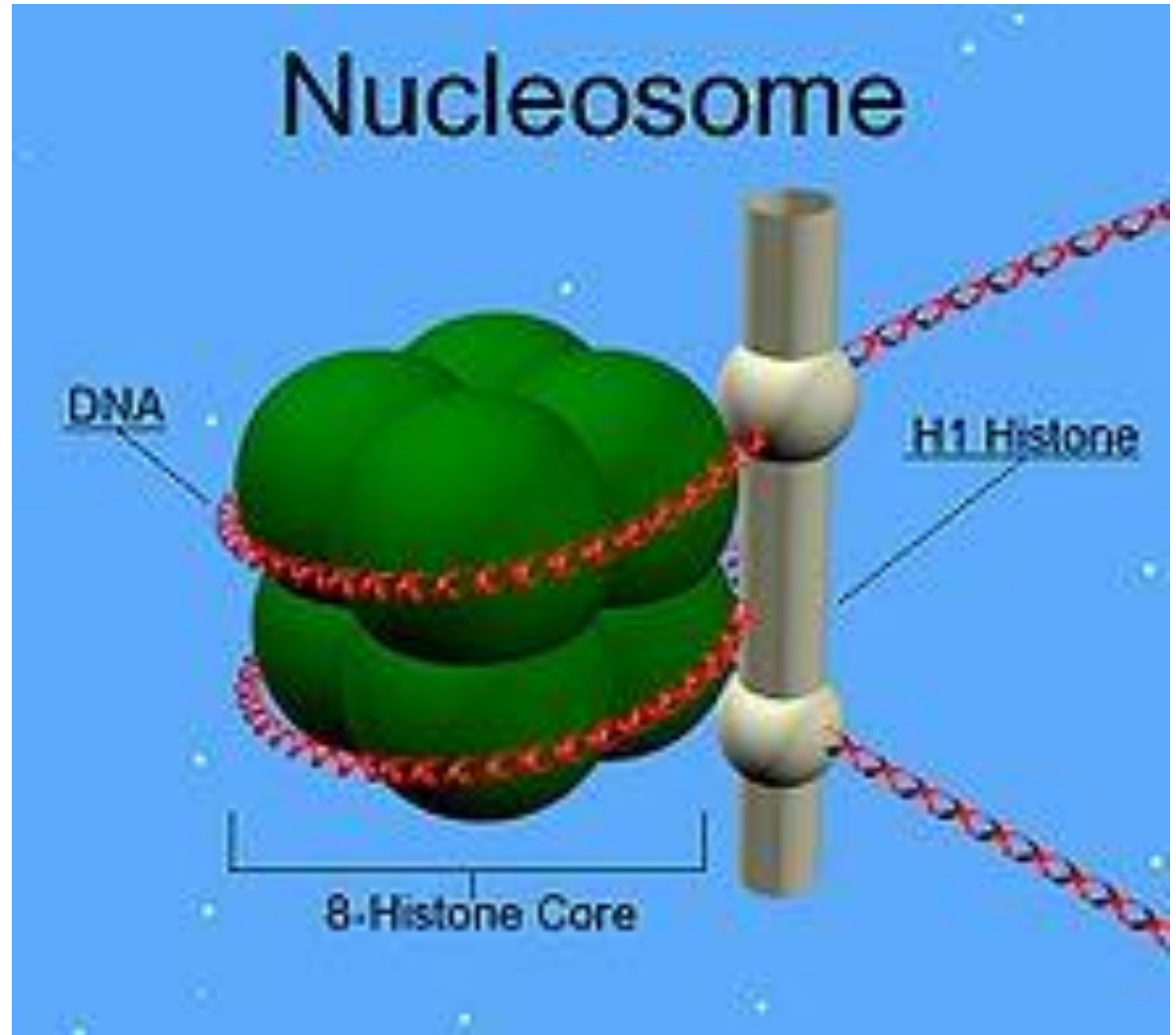
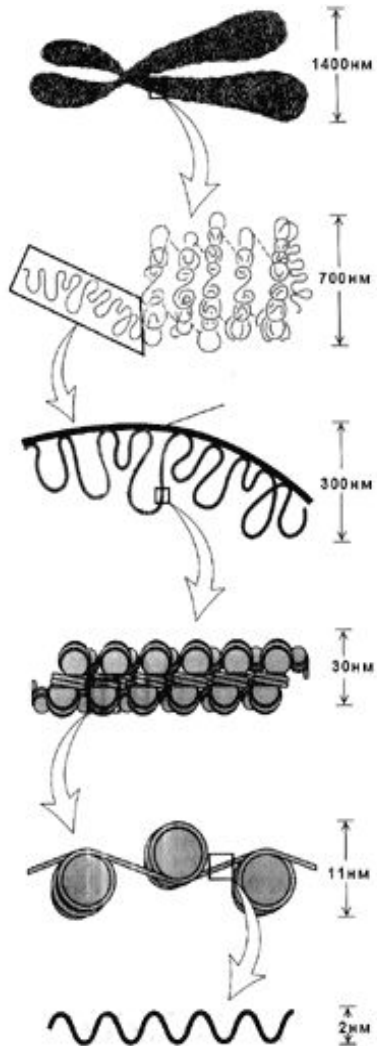
1. Первый уровень упаковки ДНК – нуклеосомный – спирализация ДНК на гистоновых белках и образование нуклеосомной нити.

Гистоны подразделяются на 5 классов: **H1, H2A, H2B, H3, H4**. В состав их входит от 102 до 215 аминокислот.

8 гистоновых белков / $2H2A + 2H2B + 2H3 + 2H4$ / соединяются вместе, образуя шаровидную структуру – **КОР /октамер /**, на котором спирализируется ДНК и делает $1\frac{3}{4}$ оборота.

КОР, оплетенной ДНК называется **НУКЛЕОСОМОЙ**. В состав нуклеосомы входит ДНК, состоящая из **146** п.н.

Свободная ДНК, находящаяся между нуклеосомами называется **ЛИНКЕРНОЙ** или связующей и включает в среднем около **60** п. н.

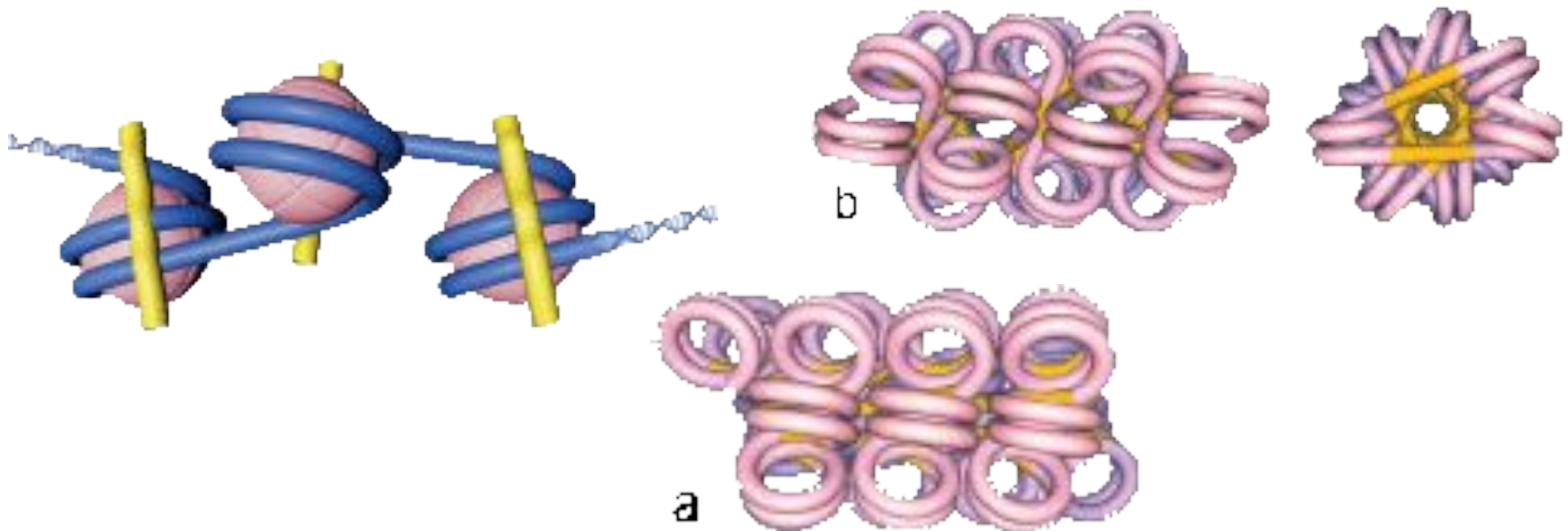


В результате спирализации на гистоновых белках длина молекулы ДНК уменьшается в 7 раз; нуклеосомная нить имеет толщину 10-11 нм.

2. Второй уровень упаковки – СОЛЕНОИДНЫЙ –

спирализация нуклеосомной нити с помощью **гистона Н1** и образованием спирали толщиной 30 – 40 нм. Один виток спирали соленоида содержит 6 – 10 нуклеосом. Этим достигается укорочение нити ДНК еще **в 6 раз**.

В сумме нить ДНК укорачивается **в 42 раза**.



Короткий участок
двойной спирали ДНК



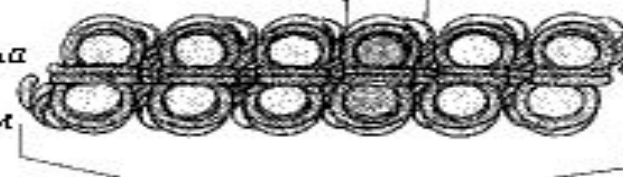
2 нм

Хроматин
в форме «бусин на нити»



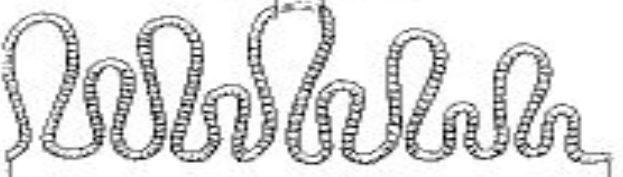
11 нм

Хроматиновая фибрилла
30 нм, состоящая из
упакованных нуклеосом



30 нм

Часть хромосомы
в растянутом виде



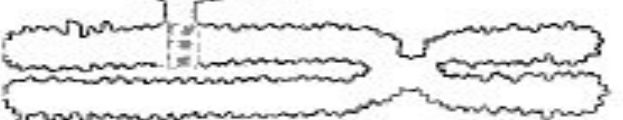
300 нм

Конденсированный
участок метафазной
хромосомы



700 нм

Целая
метафазная
хромосома



1400 нм

3. Третий уровень упаковки -хроматидный или петлевой – конденсация соленоида на негистоновых белках с образованием петель и изгибов, которые составляют основу хроматиды и обнаруживаются в профазе.

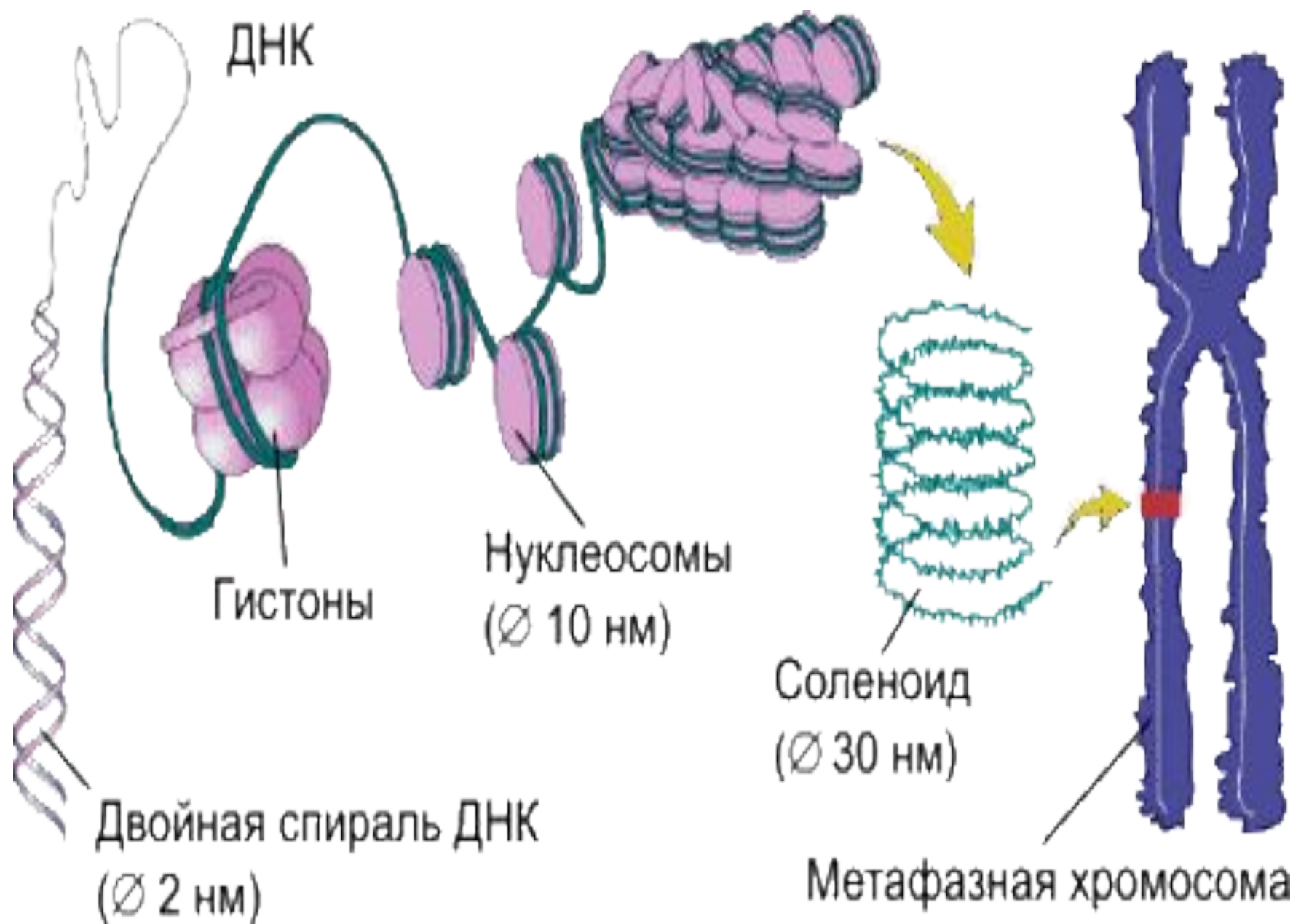
Длина ДНК укорачивается в **10-20 раз**, а толщина увеличивается до **300 нм**. Общий итог укорочения в **1600 раз**.

4. Четвертый уровень упаковки – уровень метафазной хромосомы.-

Суперспирализация хроматид с образованием **эухроматиновых и гетерохроматиновых участков**. Длина укорачивается еще **в 5 раз**, а толщина увеличивается **до 500 -600 нм**.

Максимальной спирализации хромосомы достигают в метафазе митоза.

Общий итог конденсации - укорочение нити ДНП в 8 -10 тысяч раз.



УСПЕХОВ В ИЗУЧЕНИИ
БИОЛОГИИ !!!

