

# АНАТОМИЯ КЛЕТКИ

9 класс

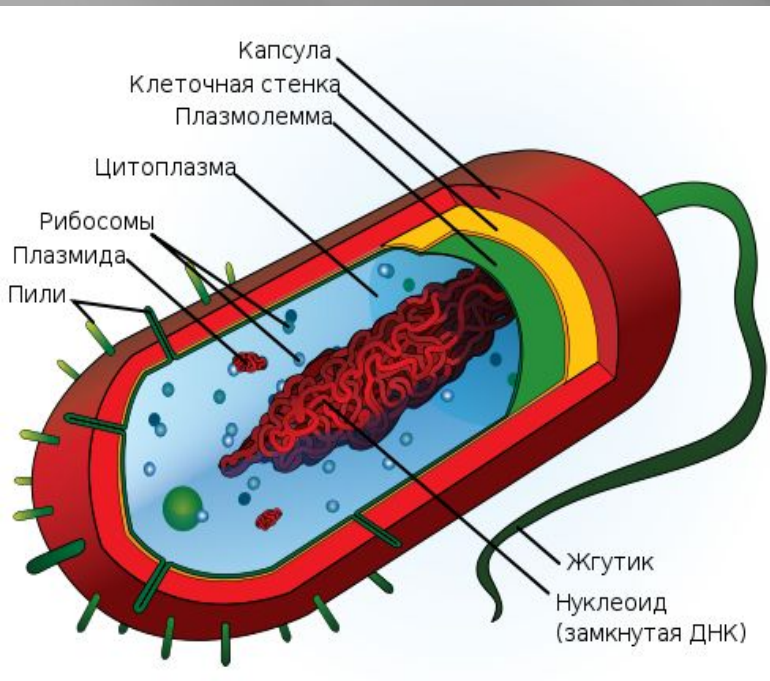
# Строение клетки

Все клеточные формы жизни на земле можно разделить на два надцарства на основании строения составляющих их клеток — прокариоты (доядерные) и эукариоты (ядерные). Прокариотические клетки — более простые по строению, по-видимому, они возникли в процессе эволюции раньше. Эукариотические клетки — более сложные, возникли позже. Клетки, составляющие тело человека, являются эукариотическими.

Несмотря на многообразие форм организация клеток всех живых организмов подчинена единым структурным принципам.

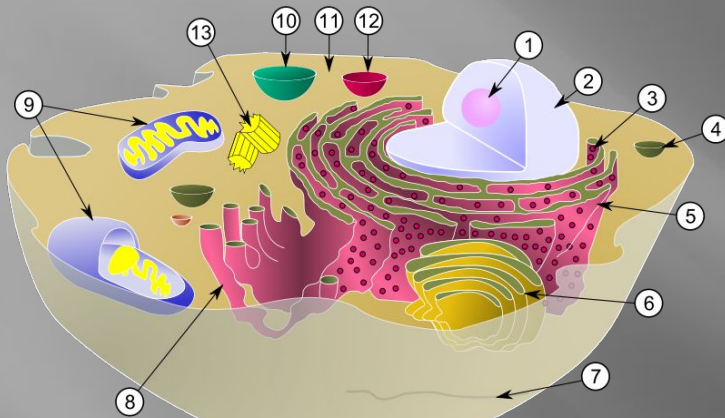
Живое содержимое клетки — протопласт — отделено от окружающей среды плазматической мембраной, или плазмалеммой. Внутри клетка заполнена цитоплазмой, в которой расположены различные органоиды и клеточные включения, а также генетический материал в виде молекулы ДНК. Каждый из органоидов клетки выполняет свою особую функцию, а в совокупности все они определяют жизнедеятельность клетки в целом.

## Прокариотическая клетка



- Строение типичной клетки прокариот: капсула, клеточная стенка, плазмалемма, цитоплазма, рибосомы, плазмиды, пили, жгутик, нуклеоид.
- Прокариоты (от лат. *pro* — перед, до и греч. *κάρβον* — ядро, орех) — организмы, не обладающие, в отличие от эукариот, оформленным клеточным ядром и другими внутренними мембранными органоидами (за исключением плоских цистерн у фотосинтезирующих видов, например, у цианобактерий). Единственная крупная кольцевая (у некоторых видов — линейная) двухцепочечная молекула ДНК, в которой содержится основная часть генетического материала клетки (так называемый нуклеоид) не образует комплекса с белками-гистонами (так называемого хроматина). К прокариотам относятся бактерии, в том числе цианобактерии (сине-зелёные водоросли), и археи. Потомками прокариотических клеток являются органеллы эукариотических клеток — митохондрии и пластиды.

## Эукариотическая клетка



Схематическое изображение животной клетки, цифрами отмечены некоторые субклеточные компоненты: (1) ядрышко, (2) клеточное ядро, (3) рибосома, (4) везикула, (5) шероховатый эндоплазматический ретикулум (ЭР), (6) аппарат Гольджи, (7) цитоскелет, (8) гладкий ЭР, (9) митохондрия, (10) вакуоль, (11) цитоплазма, (12) лизосома, (13) центриоль

- Эукариоты (эукариоты) (от греч. εὖ — хорошо, полностью и κάρυον — ядро, орех) — организмы, обладающие, в отличие от прокариот, оформленным клеточным ядром, отграниченным от цитоплазмы ядерной оболочкой. Генетический материал заключён в нескольких линейных двухцепочечных молекулах ДНК (в зависимости от вида организмов их число на ядро может колебаться от двух до нескольких сотен), прикреплённых изнутри к мембране клеточного ядра и образующих у подавляющего большинства (кроме динофлагеллят) комплекс с белками-гистонами, называемый хроматином. В клетках эукариот имеется система внутренних мембран, образующих, помимо ядра, ряд других органоидов (эндоплазматическая сеть, Аппарат Гольджи и др.). Кроме того, у подавляющего большинства имеются постоянные внутриклеточные симбионты-прокариоты — митохондрии, а у водорослей и растений — также и пластиды.

# Компоненты клетки

```
graph TD; A[Компоненты клетки] --> B[Клеточная мембрана]; A --> C[ядро]; A --> D[цитоплазма]
```

Клеточная  
мембрана

ядро

цитоплазма

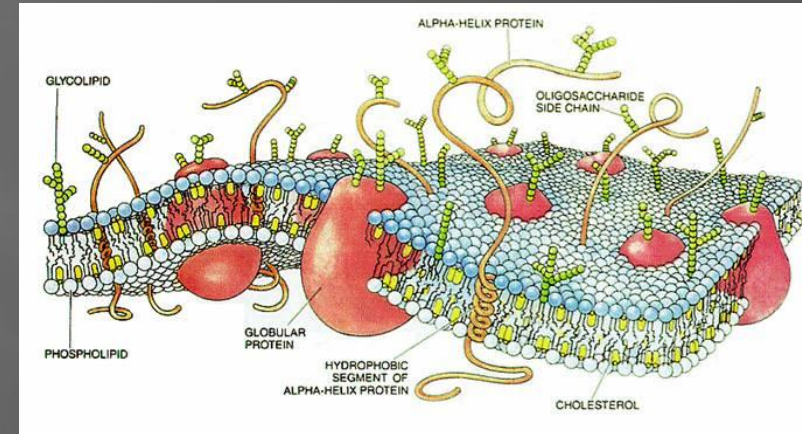
# Заполнить таблицу

№ п/п	Компоненты клетки	Особенности строения	функции
1	Клеточная мембрана		
2	Ядро		
3	Цитоплазма		
	1		
	2		
	3		
	4		
	5		

# Клеточная мембрана

Клёточная мембрана (или цитолемма, или плазмалемма, или плазматическая мембрана) отделяет содержимое любой клетки от внешней среды, обеспечивая ее целостность; регулируют обмен между клеткой и средой; внутриклеточные мембраны разделяют клетку на специализированные замкнутые отсеки — компартменты или органеллы, в которых поддерживаются определенные условия жизни.

Клеточная мембрана представляет собой двойной слой (бислой) молекул класса липидов, большинство из которых представляет собой так называемые сложные липиды — фосфолипиды. Молекулы липидов имеют гидрофильную («головка») и гидрофобную («хвост») часть. При образовании мембран гидрофобные участки молекул оказываются обращены внутрь, а гидрофильные — наружу.



Маленькие голубые и белые шарики соответствуют гидрофильным «головкам» липидов, а присоединённые к ним линии — гидрофобным «хвостам». На рисунке показаны только интегральные мембранные белки (красные глобулы и желтые спирали). Желтые овальные точки внутри мембраны — молекулы холестерина. Желто-зеленые цепочки бусинок на наружной стороне мембраны — цепочки олигосахаридов, формирующие гликокаликс.

# Функции клеточной мембраны

барьерная — обеспечивает регулируемый, избирательный, пассивный и активный обмен веществ с окружающей средой. Избирательная проницаемость означает, что проницаемость мембраны для различных атомов или молекул зависит от их размеров, электрического заряда и химических свойств.

транспортная — через мембрану происходит транспорт веществ в клетку и из клетки.

матричная — обеспечивает определенное взаиморасположение и ориентацию мембранных белков, их оптимальное взаимодействие;

механическая — обеспечивает автономность клетки, ее внутриклеточных структур, также соединение с другими клетками (в тканях). Большую роль в обеспечении механической функции имеют клеточные стенки, а у животных — межклеточное вещество.

энергетическая — при фотосинтезе в хлоропластах и клеточном дыхании в митохондриях в их мембранах действуют системы переноса энергии, в которых также участвуют белки;

рецепторная — некоторые белки, сидящие в мембране, являются рецепторами (молекулами, при помощи которых клетка воспринимает те или иные сигналы).

ферментативная — мембранные белки нередко являются ферментами. Например, плазматические мембраны эпителиальных клеток кишечника содержат пищеварительные ферменты.

осуществление генерации и проведения биопотенциалов.

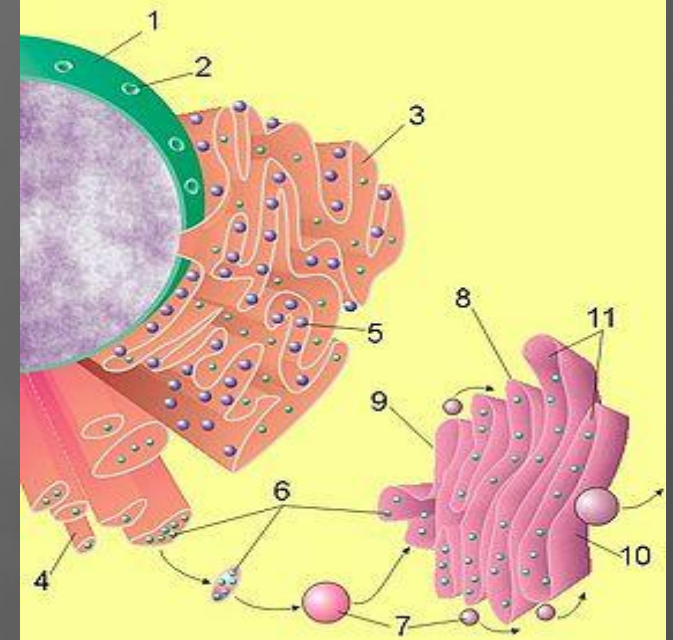


# Мембранные органеллы

Это замкнутые одиночные или связанные друг с другом участки цитоплазмы, отделённые от гиалоплазмы мембранами. К одномембранным органеллам относятся эндоплазматическая сеть, аппарат Гольджи, лизосомы, вакуоли, пероксисомы; к двумембранным — ядро, митохондрии, пластиды. Снаружи клетка ограничена так называемой плазматической мембраной. Строение мембран различных органелл отличается по составу липидов и мембранных белков.

# Эндоплазматический ретикулум

Эндоплазматический ретикулум (ЭПР) (лат. *reticulum* — сеточка) или эндоплазматическая сеть (ЭПС) — внутриклеточный органоид эукариотической клетки, представляющий собой разветвлённую систему из окружённых мембраной утолщённых полостей, пузырьков и канальцев. Впервые эндоплазматический ретикулум был обнаружен американским учёным К. Портером в 1945 году посредством электронной микроЭндоплазматический ретикулум состоит из разветвлённой сети трубочек и карманов, окружённых мембраной. Площадь мембран эндоплазматического ретикулума составляет более половины общей площади всех мембран клетки. Мембрана ЭПР морфологически идентична оболочке клеточного ядра и составляет с ней одно целое. Таким образом, полости эндоплазматического ретикулума открываются в межмембранную полость ядерной оболочки.



Схематическое представление клеточного ядра, эндоплазматического ретикулума и комплекса Гольджи.

- (1) Ядро клетки.
- (2) Поры ядерной мембраны.
- (3) Гранулярный эндоплазматический ретикулум.
- (4) Агранулярный эндоплазматический ретикулум.
- (5) Рибосомы на поверхности гранулярного эндоплазматического ретикулума.
- (6) Транспортируемые белки.
- (7) Транспортные везикулы.
- (8) Комплекс Гольджи.

# Функции эндоплазматического ретикулума

Выделяют два вида ЭПР:

гранулярный эндоплазматический ретикулум

агранулярный (гладкий) эндоплазматический ретикулум

На поверхности гранулярного эндоплазматического ретикулума находится большое количество рибосом, которые отсутствуют на поверхности агранулярного ЭПР.

Гранулярный и агранулярный эндоплазматический ретикулум выполняют различные функции в клетке.

## Функции агранулярного эндоплазматического ретикулума

Синтез  
гормонов

Нейтрализация  
ядов

Накопление и преобразование  
углеводов

## Функции гранулярного эндоплазматического ретикулума

Синтез  
белков

Синтез  
мембран

# Аппарат Гольджи

Аппарат Гольджи (комплекс Гольджи) — мембранная структура эукариотической клетки, органелла, в основном предназначенная для выведения веществ, синтезированных в эндоплазматическом ретикулуме. Аппарат Гольджи был назван так в честь итальянского учёного Камилло Гольджи, впервые обнаружившего его в 1898 году.

Комплекс Гольджи представляет собой стопку дискообразных мембранных мешочков (цистерн), несколько расширенных ближе к краям и связанную с ними систему пузырьков Гольджи.

## Функции Аппарата

Гольджи

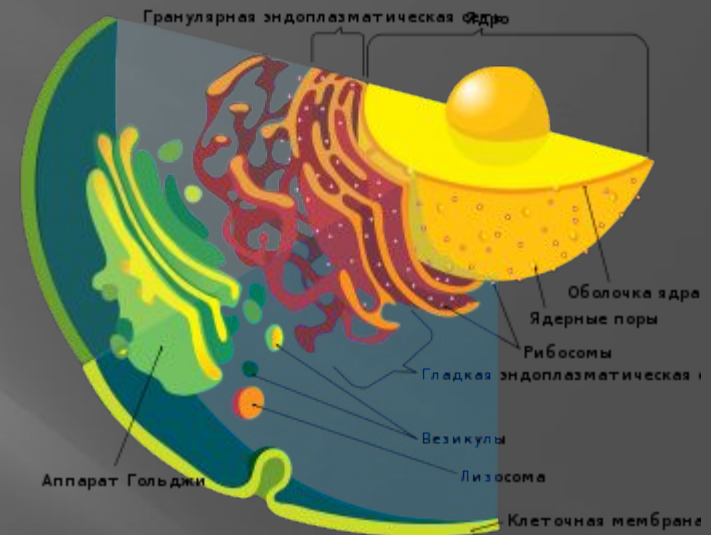
Транспорт веществ из  
эндоплазматической сети

Модификация белков

Транспорт белков из аппарата  
Гольджи

Образование ЛИЗОСОМ

Секреция



# Лизосома

Лизосомы были впервые описаны в 1955 году Кристианом де Дювом в животной клетке, а позже были обнаружены и в растительной. У растений к лизосомам по способу образования, а отчасти и по функциям близки вакуоли.

Лизосомы есть также у большинства протистов (как с фаготрофным, так и с осмотрофным типом питания) и у грибов. Таким образом, наличие лизосом характерно для клеток всех эукариот. У прокариот лизосомы отсутствуют, так как у них отсутствует фагоцитоз и нет внутриклеточного пищеварения.

Лизосомы формируются из пузырьков (везикул), отделяющихся от аппарата Гольджи, и пузырьков (эндосом), в которые попадают вещества при эндоцитозе. В образовании аутолизосом (аутофагосом) принимают участие мембраны эндоплазматического ретикулума. Все белки лизосом синтезируются на «сидячих» рибосомах на внешней стороне мембран эндоплазматического ретикулума и затем проходят через его полость и через аппарат Гольджи.

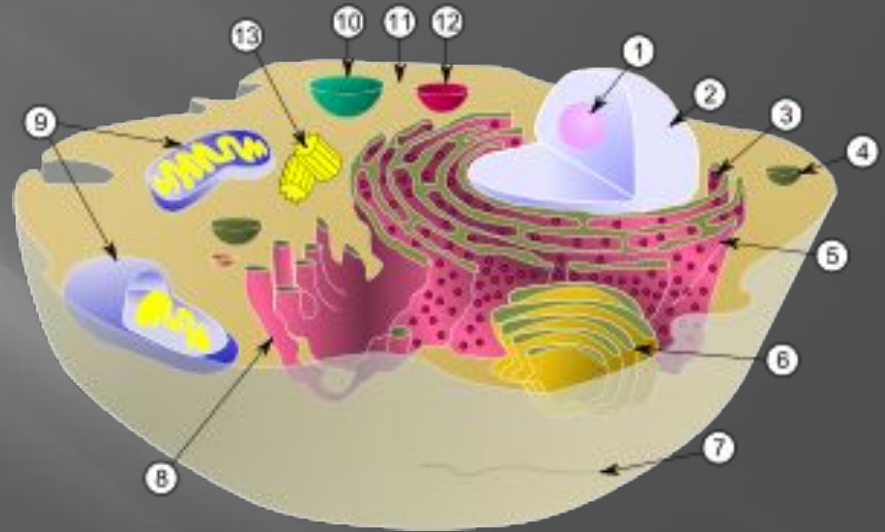
Лизосомы — гетерогенные органеллы, имеющие разную форму, размеры, ультраструктурные и цитохимические особенности. «Типичные» лизосомы животных клеток обычно имеют размеры 0,1-1 мкм, сферическую или овальную форму. Число лизосом варьирует от одной (крупная вакуоль во многих клетках растений и грибов) до нескольких сотен или тысяч (в клетках животных).

# Функции лизосом

- переваривание захваченных клеткой при эндоцитозе веществ или частиц (бактерий, других клеток)
- аутофагия — уничтожение ненужных клетке структур, например, во время замены старых органоидов новыми, или переваривание белков и других веществ, произведенных внутри самой клетки
- автолиз — самопереваривание клетки, приводящее к ее гибели (иногда этот процесс не является паталогическим, а сопровождает развитие организма или дифференцировку некоторых специализированных клеток). Пример: При превращении головастика в лягушку, лизосомы, находящиеся в клетках хвоста, переваривают его: хвост исчезает, а образовавшиеся во время этого процесса вещества всасываются и используются другими клетками тела.

# Вакуоль

Вакуоль — ограниченный мембраной органоид, содержащийся в некоторых эукариотических клетках и выполняющий различные функции (секреция, экскреция и хранение запасных веществ, аутофагия, автолиз и др.). Вакуоли и их содержимое рассматриваются как обособленный от цитоплазмы компартмент. Вакуоли особенно хорошо заметны в клетках растений, во многих зрелых клетках растений они составляют более половины объема клетки. Одна из важных функций растительных вакуолей — накопление ионов и поддержание тургора (тургорного давления). Вакуоль — полость в цитоплазме, заполненная клеточным соком и ограниченная мембраной. Это кладовая клетки. Вакуоль — это место запаса воды.



Вакуоль указана под номером 10

# МИТОХОНДРИИ

Митохондрия (от греч. *mítos* — нить и *chónδros* — зёрнышко, крупинка) — органелла, имеющаяся во многих эукариотических клетках и производящая АТФ, используемый в клетке в качестве основного источника химической энергии. Эффективность работы митохондрий очень высока. На фотографиях митохондрий видно обилие внутренних мембран.

Впервые митохондрии обнаружены в виде гранул в мышечных клетках в 1850 году. Число митохондрий в клетке непостоянно. Их особенно много в клетках, в которых потребность в кислороде велика. Сильно варьируют так же размеры (до  $10 \times 1 \times 1$  мкм) и форма митохондрий. Они способны менять свою форму, перемещаться в места, где выше потребность в энергии. Во многих клетках митохондрии соединены друг с другом, образуя один или несколько больших комплексов — митохондрионы.

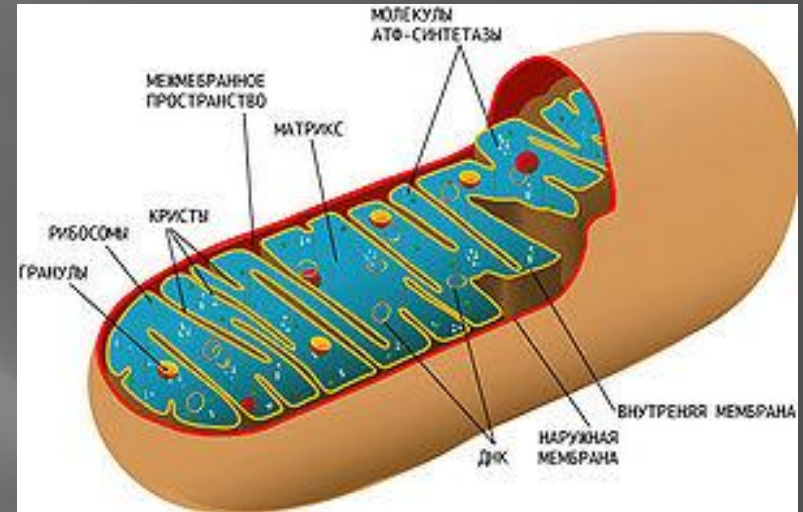


Электронномикроскопическая фотография, показывающая митохондрии млекопитающего в поперечном сечении



# Структура и функции митохондрий

Каждая митохондрия окружена оболочкой, состоящей из двух мембран; между ними — межмембранное пространство. Отграниченное внутренней мембраной пространство называется матриксом. В матриксе содержатся большая часть ферментов, участвующих в цикле Кребса, протекает окисление жирных кислот, располагаются митохондриальные ДНК, РНК и рибосомы. Внутренняя мембрана образует многочисленные гребневидные складки — кристы, существенно увеличивающие площадь ее поверхности. Наружная мембрана митохондрий имеет маленькие отверстия, образованные специальными белками, через которые могут проникать небольшие молекулы и ионы. Внутренняя мембрана таких отверстий не имеет; на ней, на стороне, обращенной к матриксу, располагаются особые молекулы АТФ-синтазы, состоящие из головки, ножки и основания. При прохождении через них протонов происходит синтез АТФ. В основании частиц, заполняя собой всю толщу мембраны, располагаются компоненты дыхательной цепи. Наружная и внутренняя мембраны в некоторых местах соприкасаются, там находится специальный белок-рецептор, способствующий транспорту митохондриальных белков, закодированных в ядре, в матрикс митохондрии.



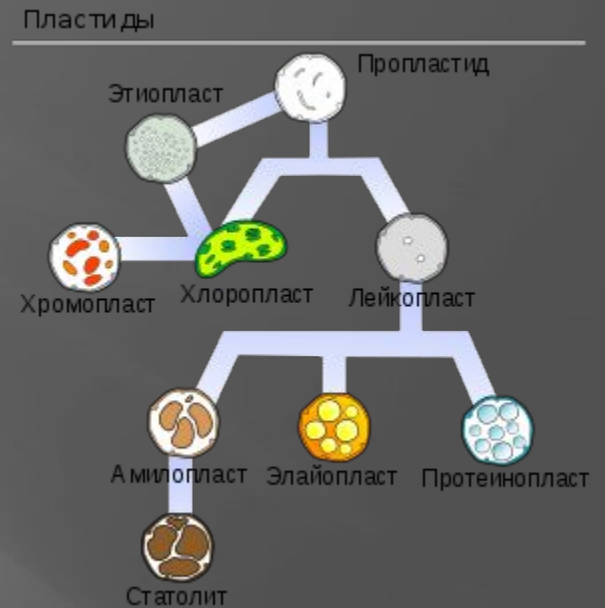
# пластиды

Пластиды — органойды эукариотических растений и некоторых фотосинтезирующих простейших. Покрываются двойной мембраной и имеют в своём составе множество копий кольцевой ДНК. Совокупность пластид клетки образует пластидом. По окраске и выполняемой функции выделяют три основных типа пластид:

Лейкопласты — неокрашенные пластиды, как правило выполняют запасную функцию. В лейкопластах клубней картофеля накапливается крахмал. Лейкопласты высших растений могут превращаться в хлоропласты или хромопласты.

Хромопласты — пластиды, окрашенные в жёлтый, красный или оранжевый цвет. Окраска хромопластов связана с накоплением в них каротиноидов. Хромопласты определяют окраску осенних листьев, лепестков цветов, корнеплодов, созревших плодов.

Хлоропласты — пластиды, несущие фотосинтезирующие пигменты — хлорофиллы. Имеют зелёную окраску у высших растений, харовых и зелёных водорослей. Набор пигментов, участвующих в фотосинтезе (и, соответственно, определяющих окраску хлоропласта) различен у представителей разных таксономических отделов. Хлоропласты имеют сложную внутреннюю структуру

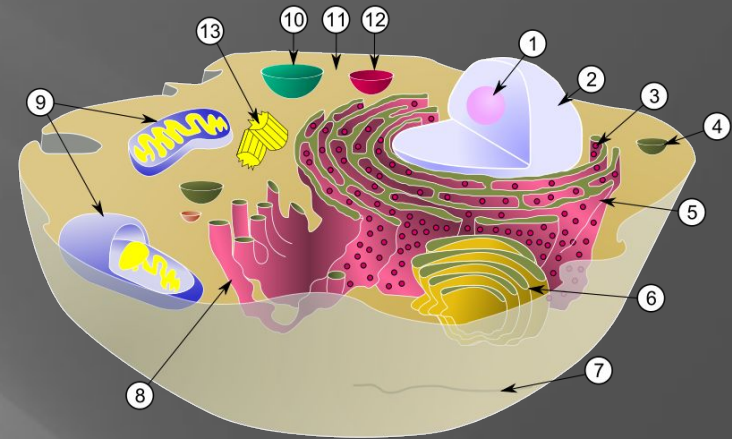


# Рибосомы

**Рибосома** — важнейший **органоид** живой **клетки** сферической или слегка эллипсоидной формы, диаметром 100 — 200 **ангстрем**, состоящий из большой и малой субъединиц. Рибосомы служат для **биосинтеза белка** из **аминокислот** по заданной матрице на основе **генетической информации**, предоставляемой матричной **РНК**, или **мРНК**. Этот процесс называется **трансляцией**.

В эукариотических клетках рибосомы располагаются на мембранах **эндоплазматического ретикулума**, хотя могут быть локализованы и в неприкрепленной форме в **цитоплазме**. Нередко с одной молекулой мРНК ассоциировано несколько рибосом, такая структура называется **полирибосомой**. Синтез рибосом у **эукариот** происходит в специальной **внутриядерной** структуре — **ядрышке**.

Рибосомы впервые были описаны как уплотненные частицы, или гранулы, клеточным биологом румынского происхождения Джорджем Паладе в середине 1950-х годов <sup>[1]</sup>. В 1974 г. Паладе, Клод и Кристиан Де Дюв получили Нобелевскую премию по физиологии и медицине «за открытия, касающиеся структурной и функциональной организации клетки». Нобелевская премия по химии 2009 года получена за определение структуры и функций рибосом ученым из Великобритании Венкатраманом Рамакришнаном (Venkatraman Ramakrishnan), американцем Томасом Стейцем (Thomas A. Steitz) и израильтянкой Адой Йонат (Ada E. Yonath).



рибосомы - 3

# центр

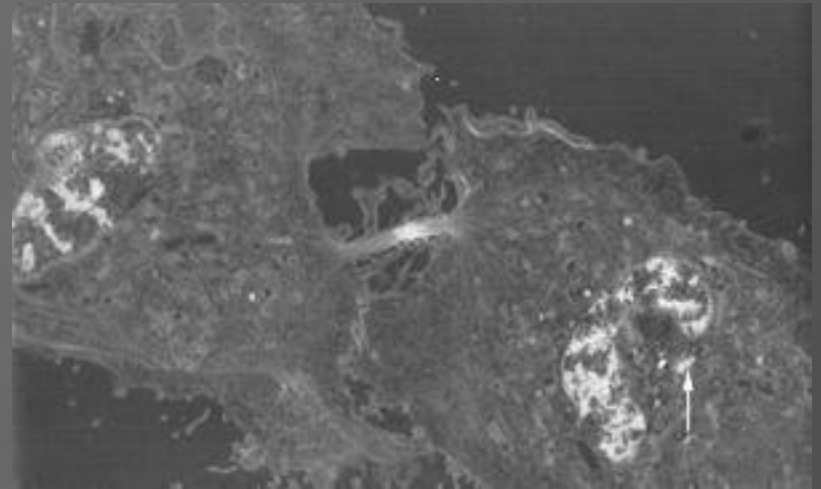
Центросома (от центр и греч. soma — тело), центросфера, центроплазма, участок цитоплазмы клетки, окружающий центриоли. В Центросоме отсутствуют клеточные органоиды. Она плотнее остальной части цитоплазмы, её можно растягивать и передвигать при помощи микроургических операций. В старой литературе термин «Центросома» часто употреблялся как синоним центриолей.

**Центросома** или **клеточный центр** — главный центр организации микротрубочек (ЦОМТ) и регулятор хода клеточного цикла в клетках эукариот.

Впервые обнаружена в 1888 г. Теодором Бовери, который назвал её «особым органом клеточного деления». Хотя центросома играет важнейшую роль в клеточном делении,

Помимо участия в делении ядра, центросома играет важную роль в формировании жгутиков и ресничек.

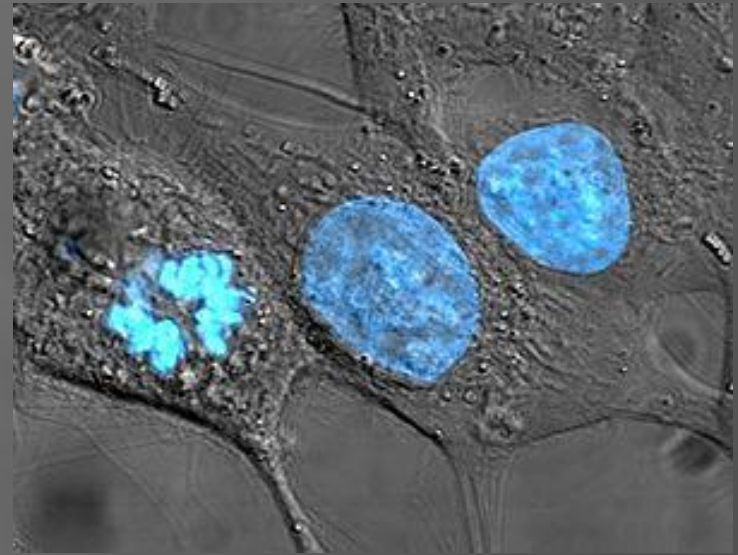
Центриоли, расположенные в ней, выполняют функцию центров организации для микротрубочек аксоном жгутиков



Телофаза митоза (электронная микрофотография). Стрелка указывает на центросому. Четко видны две центриоли, расположенные под прямым углом друг к другу: одна перерезана поперек, другая вдоль.

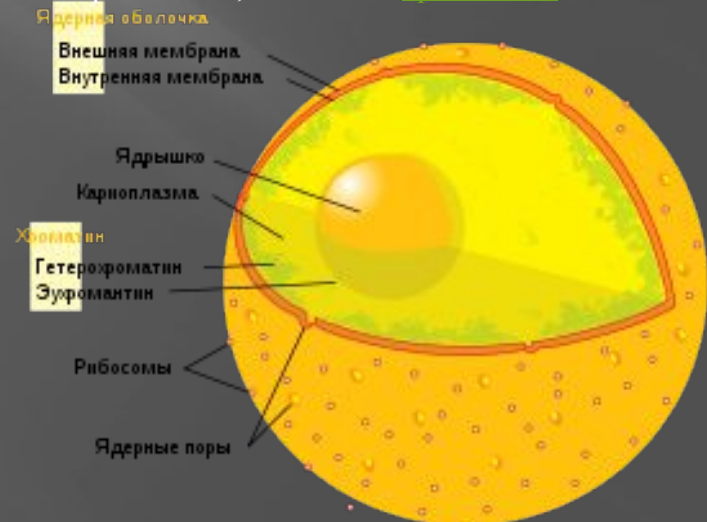
**Ядро** (*лат. nucleus*) — это один из структурных компонентов эукариотической клетки, содержащий генетическую информацию (молекулы ДНК). В ядре происходит репликация — удвоение молекул ДНК, а также транскрипция — синтез молекул РНК на молекуле ДНК. В ядре же синтезированные молекулы РНК подвергаются ряду модификаций, после чего выходят в цитоплазму. Сборка рибосом также происходит в ядре в специальных образованиях - ядрышках.

Огромная длина молекул ДНК эукариот предопределила появление специальных механизмов хранения, репликации и реализации генетического материала. Хроматином называют молекулы хромосомной ДНК в комплексе со специфическими белками, необходимыми для осуществления этих процессов. От цитоплазмы ядро отделено ядерной оболочкой, образованной за счёт расширения и слияния друг с другом цистерн эндоплазматической сети таким образом, что у ядра образовались двойные стенки за счёт окружающих его узких компартментов. Ядрышко находится внутри ядра, и не имеет собственной мембранной оболочки, однако хорошо различимо под световым и электронным



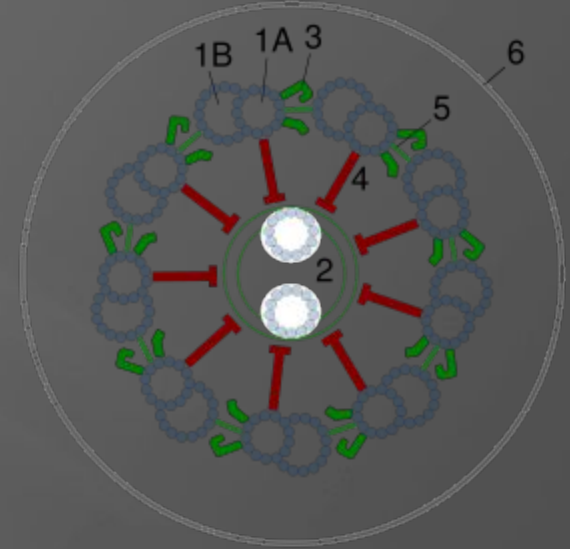
Клетки HeLa, ДНК которых окрашена

ГОЛУБЫМ красителем Хойста. Центральная и правая клетки находятся в интерфазе, поэтому окрашено всё ядро. Клетка слева находится в состоянии митоза (анафаза), поэтому её ядро не видно, а ДНК сконденсирована так, что видны хромосомы



# Жгутик

Жгутик — поверхностная структура, присутствующая у многих прокариотических и эукариотических клеток и служащая для их движения в жидкой среде или по поверхности твёрдых сред. Жгутики прокариот и эукариот резко различаются: бактериальный жгутик имеет толщину 10-20 нм и длину 3-15 мкм, он пассивно вращается расположенным в мембране мотором; жгутики же эукариот толщиной до 200 нм и длиной до 200 мкм, они могут самостоятельно изгибаться по всей длине. У эукариот часто также присутствуют реснички, идентичные по своему строению жгутику, но более короткие (до 10 мкм). Жгутики эукариот имеют толщину до 200 нм и длину до 200 мкм. Они окружены выступами цитоплазматической мембраны и содержат 9 пар микротрубочек, выстроенных вокруг двух не объединённых в пару микротрубочек (структура 9+2). Эти микротрубочки скользят друг относительно друга с использованием энергии АТФ, поэтому изгиб эукариотического жгутика может осуществляться в любой его части.



**Схема поперечного среза жгутика эукариот. 1А и 1В — А и В микротрубочки периферического дублета, 2 — центральная пара микротрубочек и центральная капсула, 3 — динеиновые ручки, 4 — радиальная спица, 5 — нексиновый мостик, 6 — клеточная мембрана.**