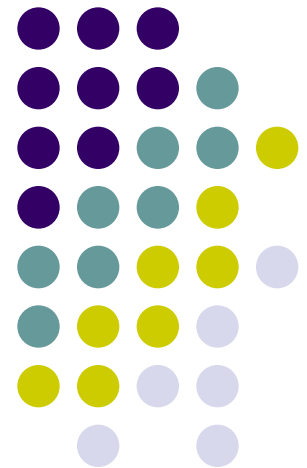


# *клетка*

Строение и история открытия,  
клеточная теория



# КЛЕТОЧНАЯ ТЕОРИЯ



- **Клеточная теория** — одно из общепризнанных биологических обобщений, утверждающих единство принципа строения и развития мира растений и мира животных, в котором клетка рассматривается в качестве общего структурного элемента растительных и животных организмов.

# Прокариоты



- Сине-зеленые водоросли и бактерии
- Бактерии:
  - а) Кольцевидная ДНК
  - б) Отсутствует ядерная оболочка
  - с) Отсутствуют аппарат Гольджи и митохондрии
  - д) Жгутики простые (не окружены мембраной)
  - е) Имеется клеточная стенка
  - ф) На поверхности могут располагаться капсула или слизистый слой

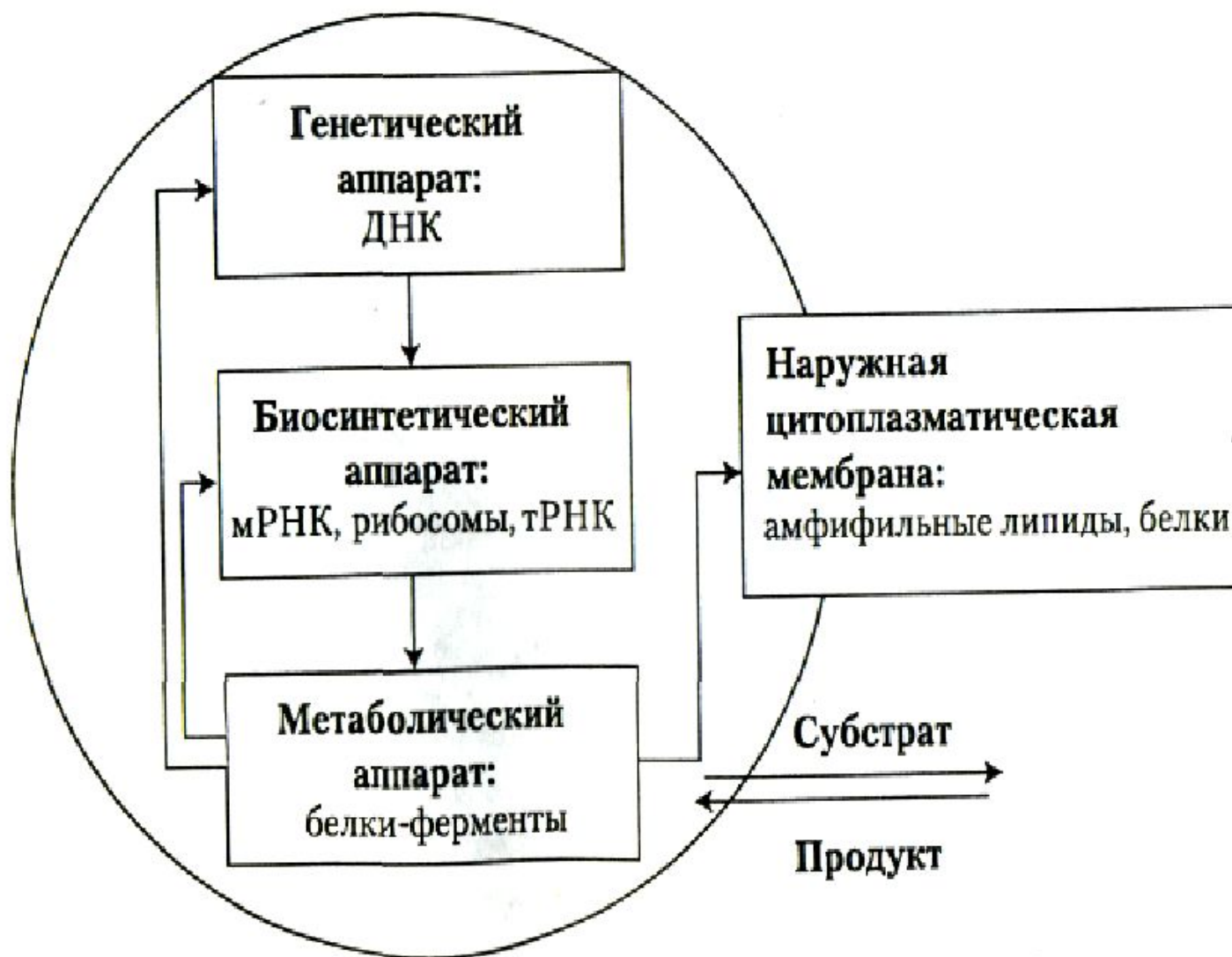


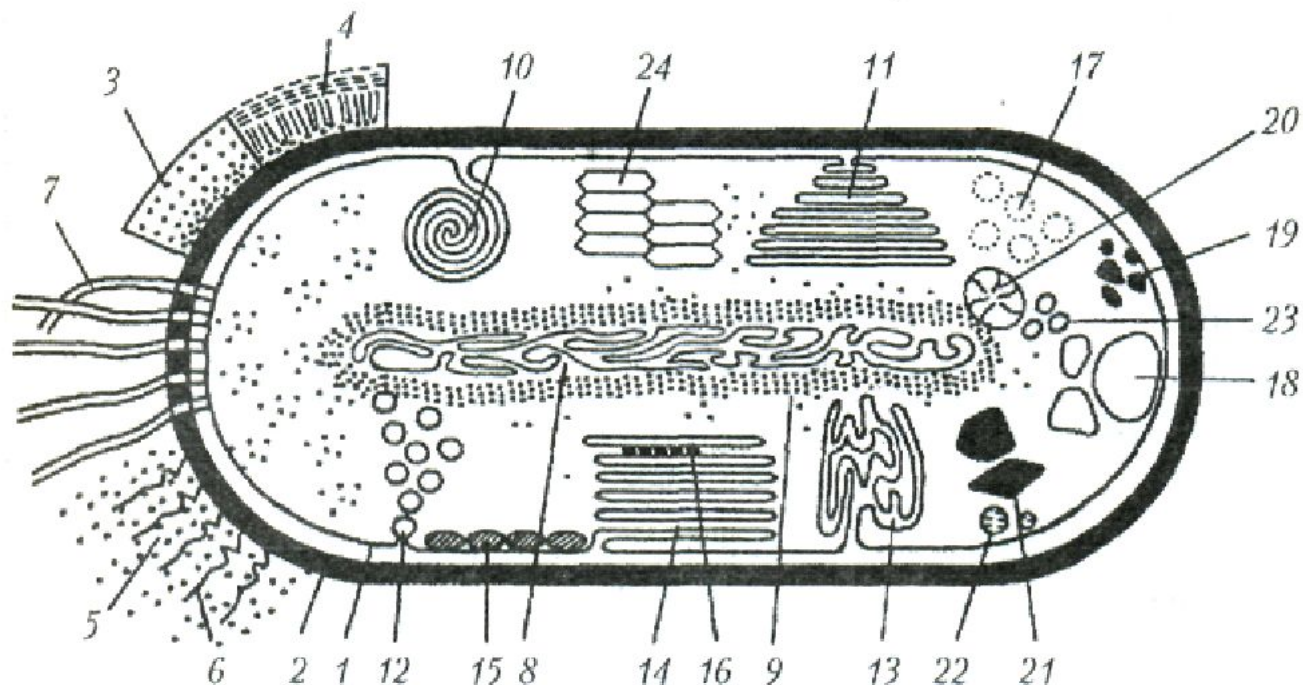
Рис. 1. Основные структурно-функциональные подсистемы клетки



**Таблица 3. Обязательные и необязательные структуры прокариотической клетки**

<b>Структурно-функциональные подсистемы</b>	<b>Обязательные компоненты</b>	<b>Необязательные компоненты</b>
<b>Поверхностные (барьерные) структуры</b>	цитоплазматическая мембрана	клеточная стенка, капсула, чехол, слизь, ворсинки, жгутики и прочие двигательные структуры
<b>Генетический аппарат</b>	бактериальная хромосома	плазмиды
<b>Белоксинтезирующий аппарат</b>	мРНК, тРНК и рРНК (рибосомы)	—
<b>Метаболический аппарат</b>	цитозоль с системой ферментов базового пластического и энергетического метаболизма	внутрицитоплазматические мембраны с ферментными системами энергетического метаболизма, включения запасных веществ





**Рис. 3.** Обобщенная структура прокариотической клетки [22, с изменениями]

*Поверхностные (барьерные) структуры:* 1 – цитоплазматическая мембрана; 2 – клеточная стенка; 3 – капсула; 4 – чехол; 5 – слизь; 6 – ворсинки; 7 – жгутики.

*Генетический аппарат:* 8 – нуклеоид.

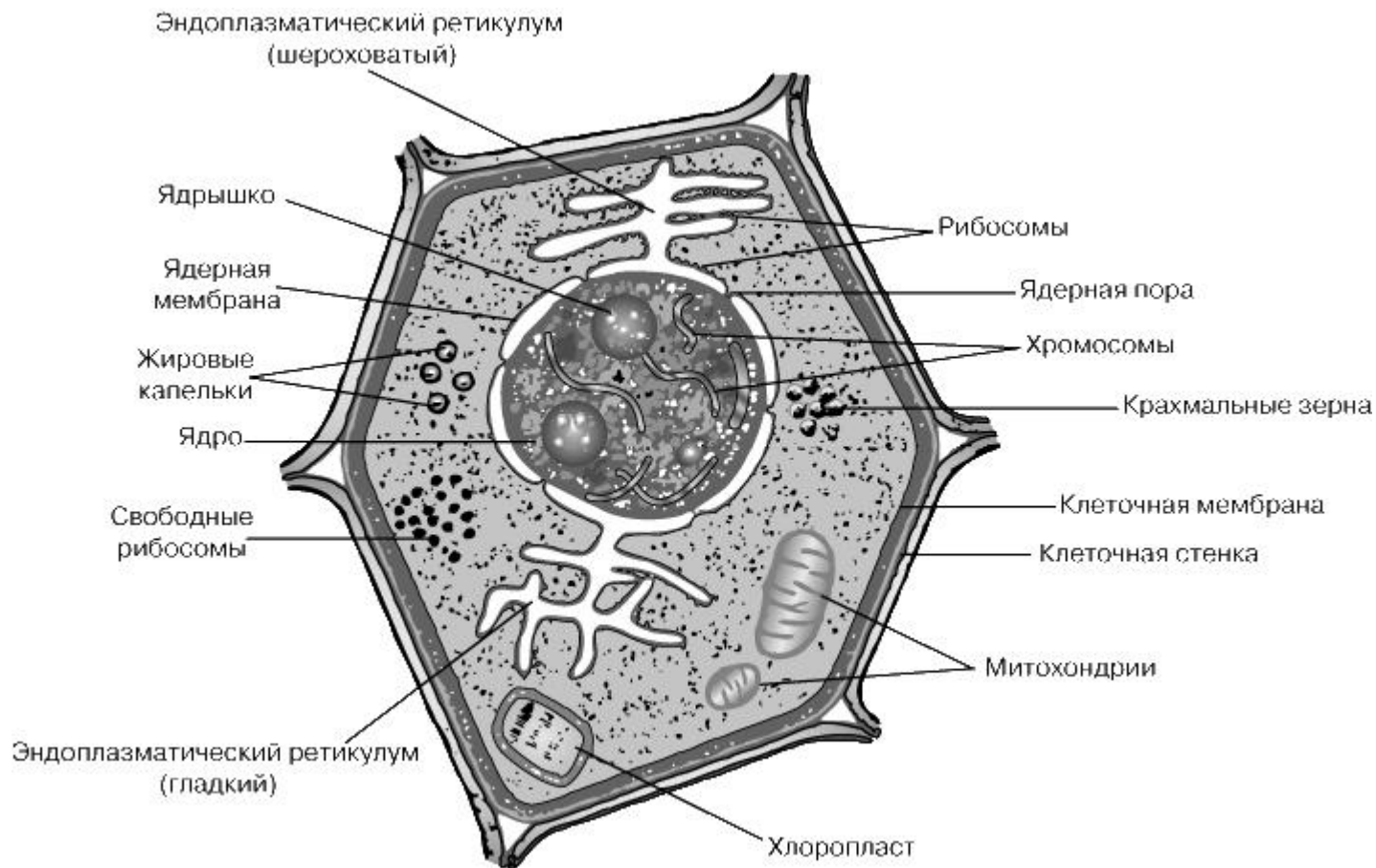
*Белоксинтезирующий аппарат:* 9 – рибосомы.

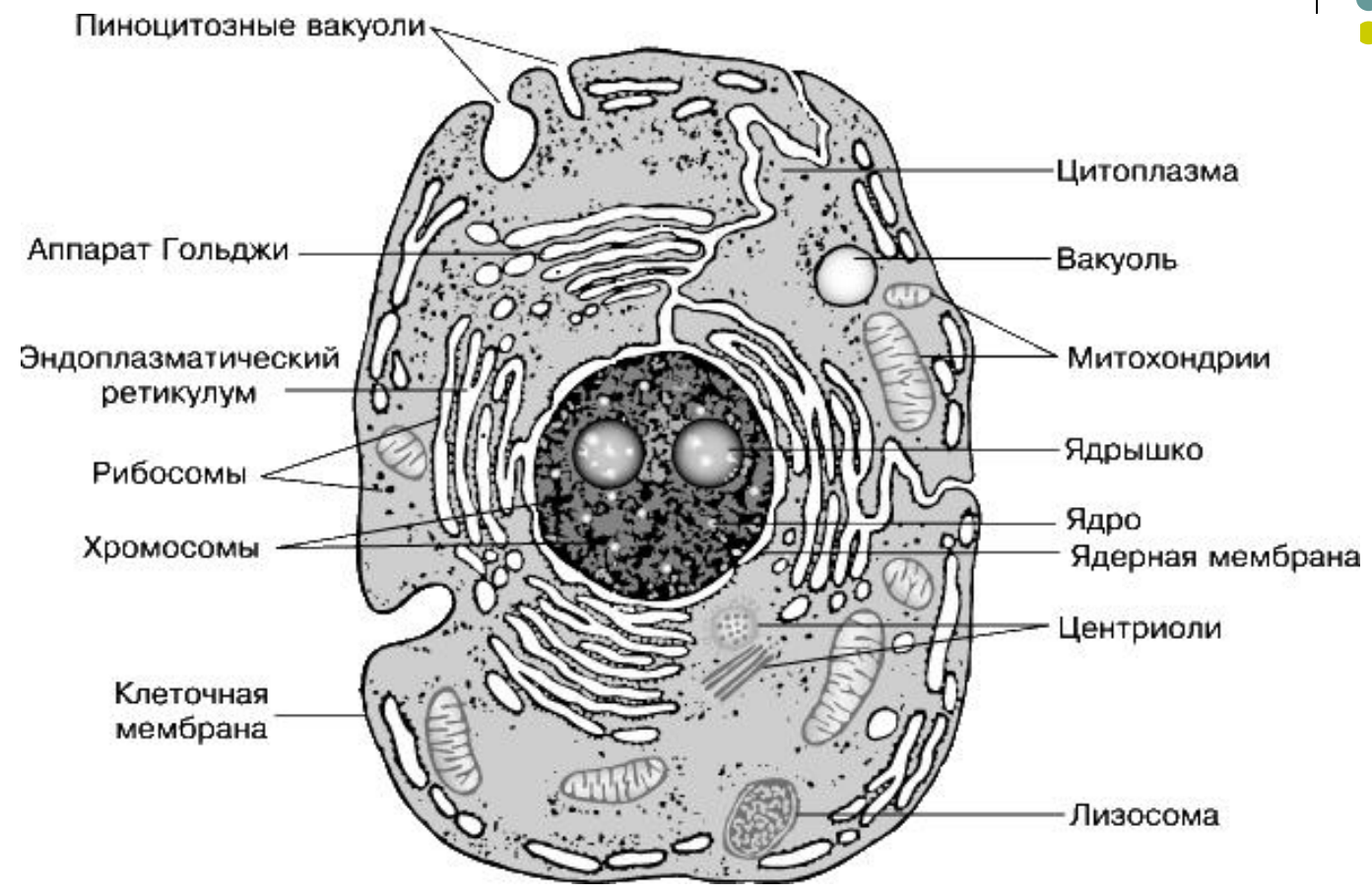
*Метаболический аппарат:* 10 – мезосома; 11 – ламеллярные структуры; 12 – хроматофоры (везикулярные тилакоиды); 13 – трубчатые тилакоиды; 14 – пластинчатые тилакоиды; 15 – хлоросомы; 16 – фикобилисомы.

*Включения:* 17 – полисахаридные гранулы; 18 – гранулы поли- $\beta$ -оксимасляной кислоты; 19 – гранулы полифосфата; 20 – цианофитиновые гранулы; 21 – карбоксисомы; 22 – включения серы; 23 – углеводородные гранулы.

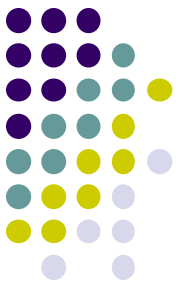
*Прочие (приспособительные) структуры:* 24 – газовые вакуоли.

# Эукариотическая клетка



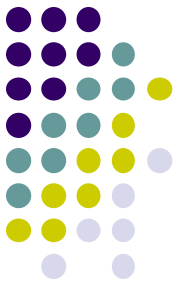






# Плазматическая мембрана

- Давсон, Даниэлли -1930г.
- Робертсон – 1935г.
- **Гипотеза о строении элементарной мембраны:**
  - 1. Все мембраны имеют толщину 7,5 нм
  - 2. В электронном микроскопе они представляются 3-х слойными
  - 3. 3-х слойность есть результат расположения белков и липидов



# Жидкостно – мозаическая структура плазматической мембраны

Основная гипотеза была сформулирована в 1972 году Николсоном и Сингером

- Белковые молекулы, плавающие в липидном слое, образуют своеобразную мозаику из собственных молекул.



В основе лежит двойной слой липидов (фосфолипидов), имеющих полярные головки и длинные неполярные хвосты, представленные цепями жирных кислот.

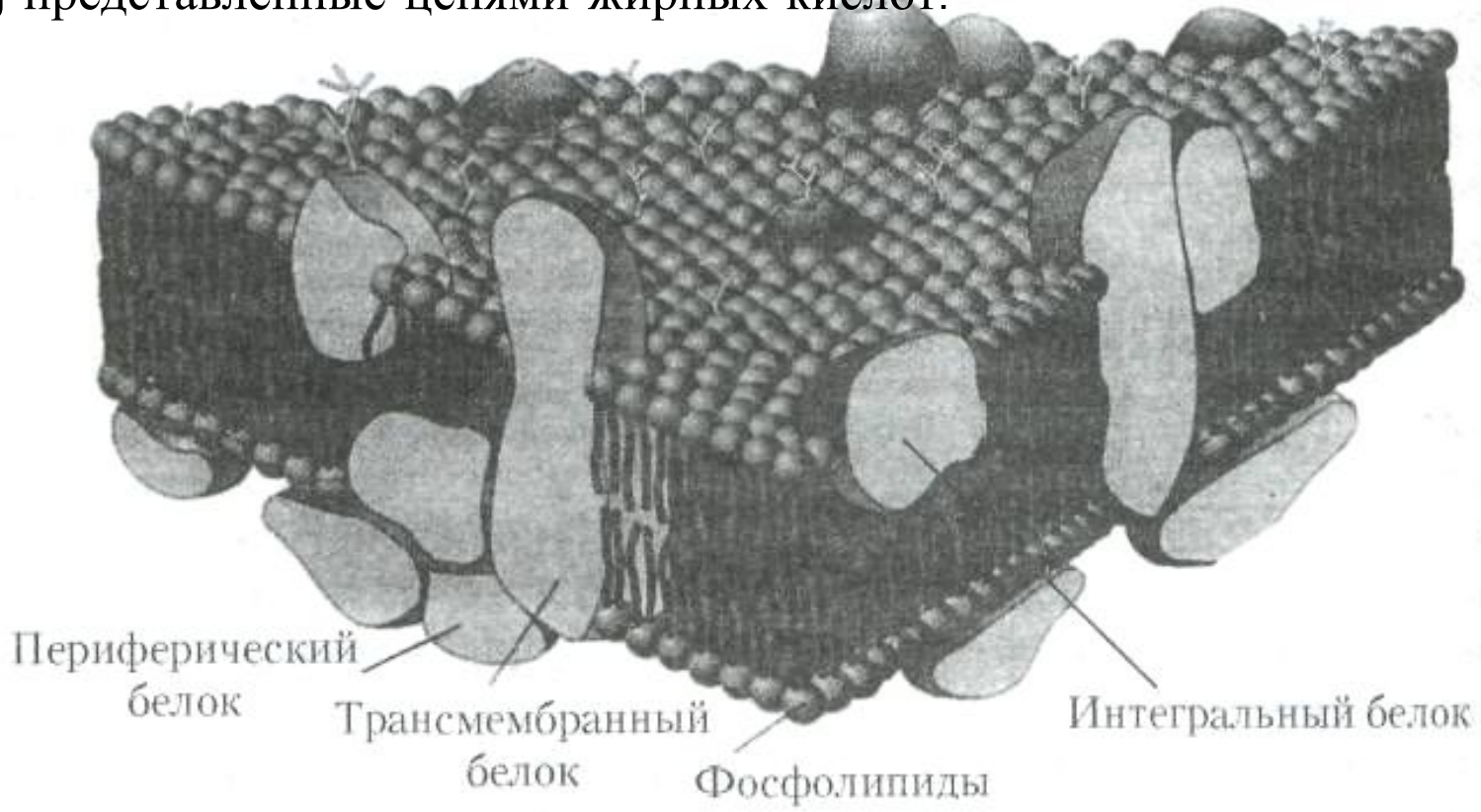
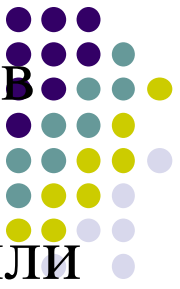


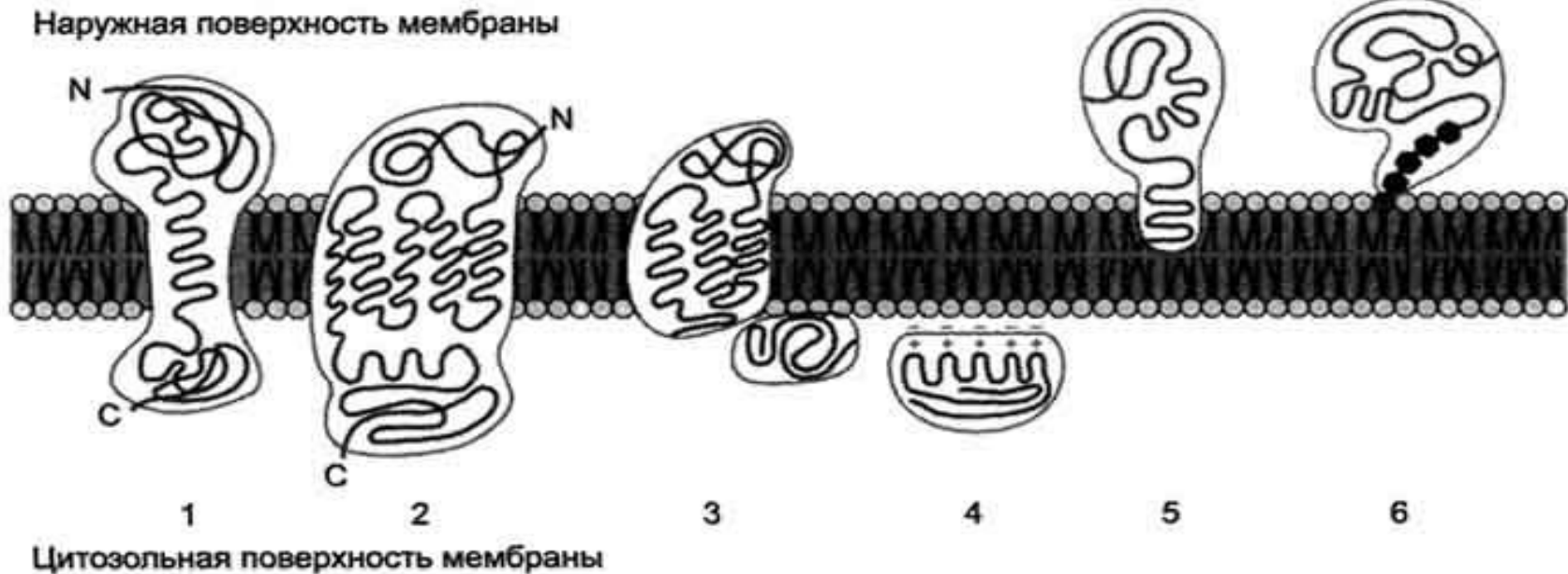
Рис. 4. Жидкостно-мозаичная модель цитоплазматической мембраны [59]

В двойном слое хвосты молекул обращены друг к другу, а полярные головки образуют гидрофильные поверхности. С заряженными головками, благодаря электростатическим взаимодействиям соединяются **периферические белки**



Белки мембран различаются по своему положению в мембране:

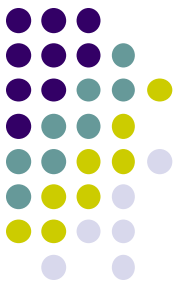
- Они могут глубоко проникать в липидный бислой или даже пронизывать его - **интегральные белки,**
- либо разными способами прикрепляться к мембране - **поверхностные белки.**
- Белки, частично погруженные в мембрану - **полуинтегральные.**



. **Расположение (локализация) белков в мембранах.** Трансмембранные белки, например: **1** - гликофорин А; **2** - рецептор адреналина. Поверхностные белки: **3** - белки, связанные с интегральными белками, например, фермент сукцинатдегидрогеназа; **4** - белки, присоединённые к полярным "головкам" липидного слоя, например, протеинкиназа С; **5** - белки, "заякоренные" в мембране с помощью короткого гидрофобного концевых домена, например, цитохром  $b_5$ ; **6** - "заякоренные" белки, ковалентно соединённые с липидом мембраны (например, фермент щелочная фосфатаза).



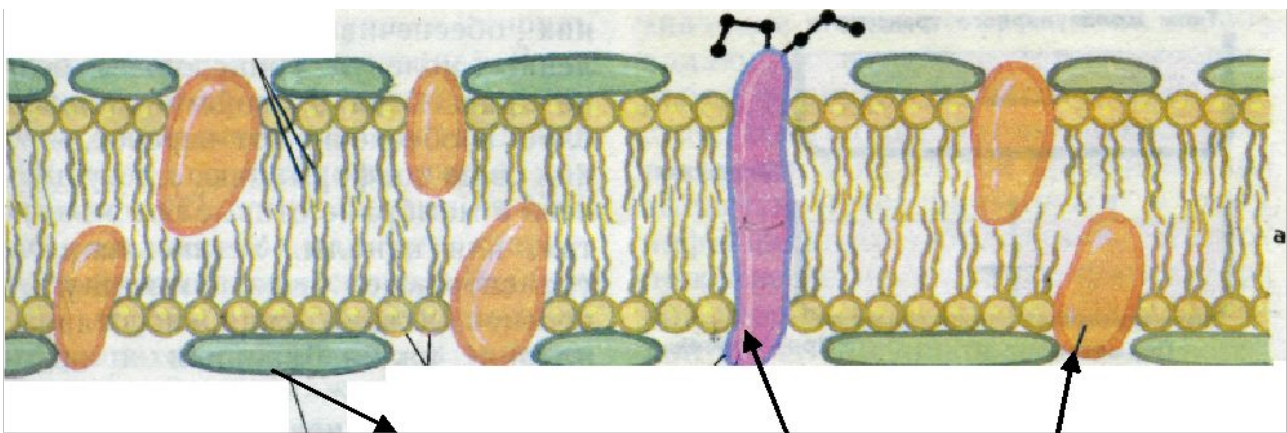
- **Поверхностные белки часто прикрепляются к мембране, взаимодействуя с интегральными**
- **Ряд пищеварительных ферментов, участвующих в гидролизе крахмала и белков, прикрепляется к интегральным белкам мембран микроворсинок кишечника.**
- **Иногда связывание белка -- необходимое условие проявления ферментативной активности. К таким белкам, например, относят протеинкиназу C, факторы свёртывания крови.**



# Большая часть погруженных белков - ферменты

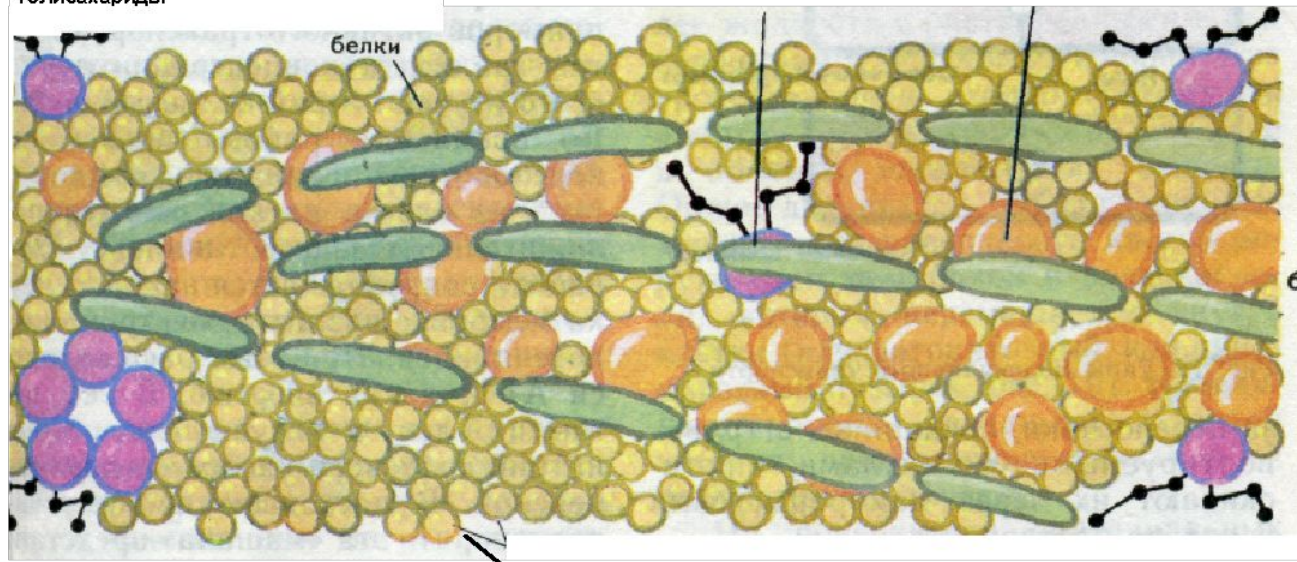


- Интегральные (погруженные ) расположены в определенном порядке, так чтобы продукт реакции переходил от одного белка к другому
- Периферические белки не позволяют им изменить этот порядок «разорвать конвейер»
- Интегральные белки, собираясь в кружок образуют поры, через которые некоторые макромолекулы могут переходить с одной стороны мембраны на другую.



Пронизывающие белки Погруженные белки

Гликосахариды



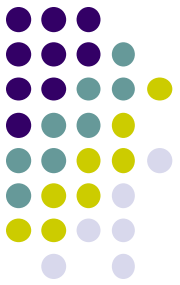
Головки липидов

Схема строения цитоплазматической мембраны: — а — поперечный разрез, б — вид сверху

# Функции мембраны обеспечиваются благодаря избирательной проницаемости

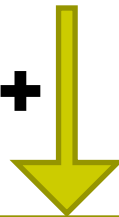


- 1) **Транспортная**
  - a) **диффузия** (от меньшей концентрации к большей) – жирорастворимые соединения, вода;
  - b) **Проникновение**-перенос при помощи специфических белков- переносчиков
  - c) **Облегченный транспорт** с помощью белков **пермеаз** –транспортные белки встроенные в мембрану, работают по принципу фермента, связывающего свой субстрат. Обеспечивают перенос меняя свою конфигурацию



D) **Активный транспорт** - двусторонний перенос ( калий – натриевый насос)

**2K<sup>+</sup>**



Натрий-калий зависимая АТФ –аза расположена в мембране, активируется при повышении концентрации ионов натрия внутри клетки



**3 Na<sup>+</sup>**



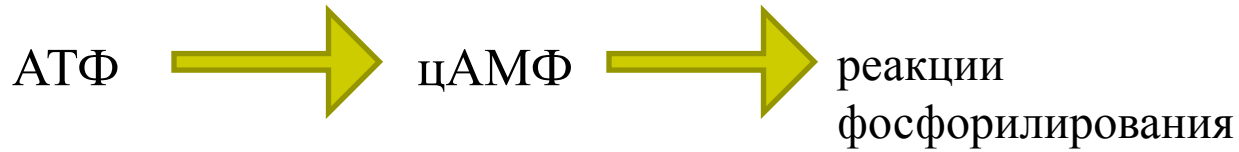
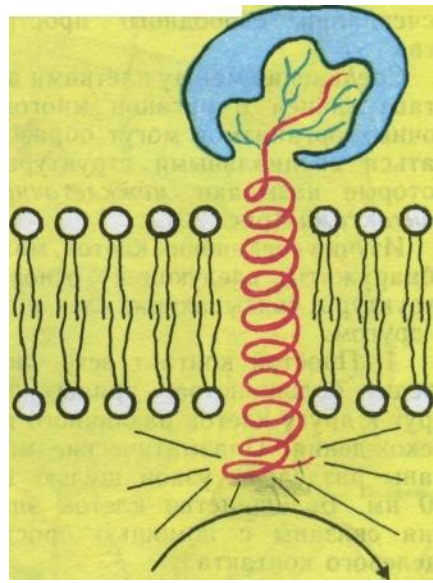
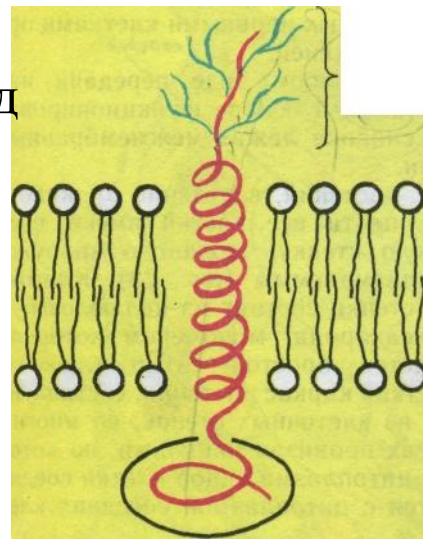
- Эндоцитоз (фаго – и пиноцитоз)
- Экзоцитоз
- Рецепторная функция мембраны
- Межклеточные контакты

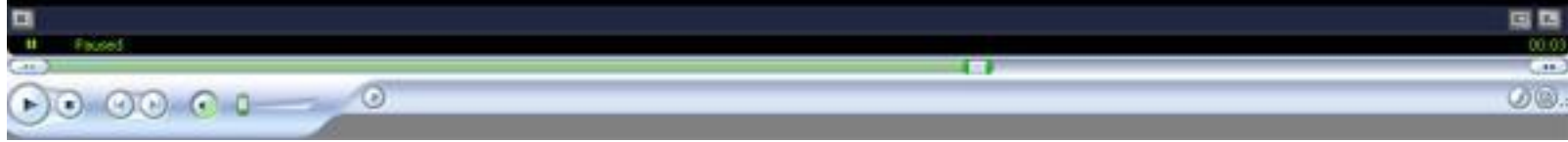
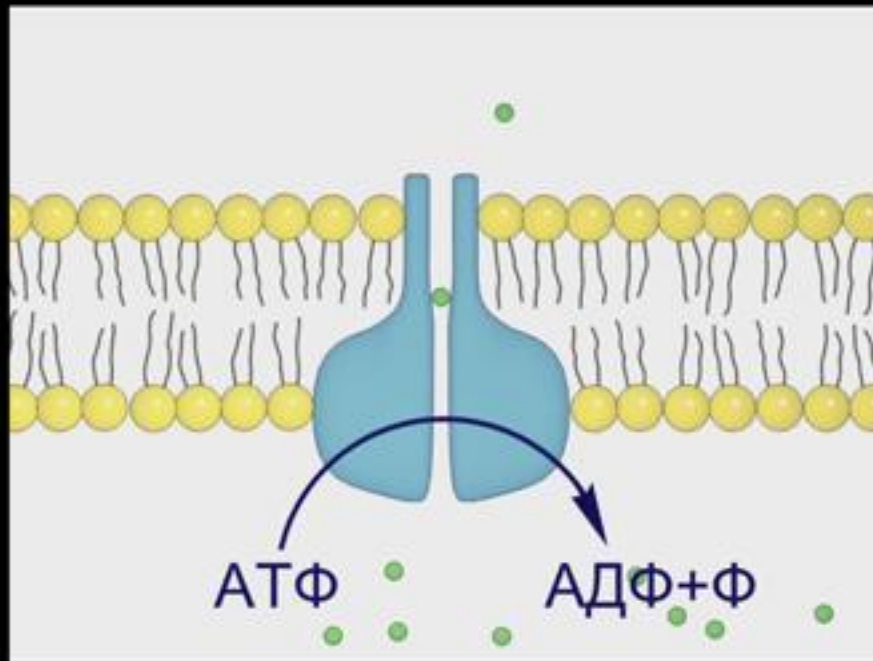
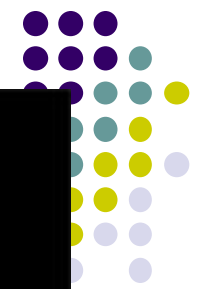




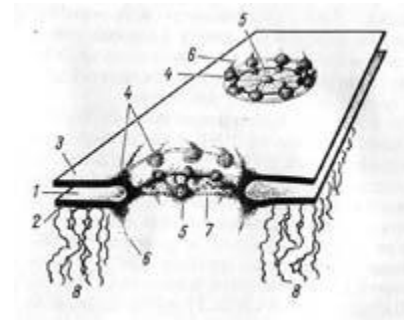
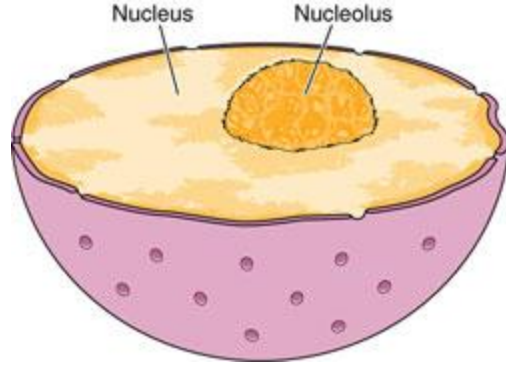
Гликопротеид

Каталитическая  
внутриклеточная часть -  
фермент **аденилатциклаза**





# ЯДРО



- Самая крупная органелла (3-10мкм)
- Содержимое ядра отделено от цитоплазмы оболочкой, состоящей из двух(8нм) близкорасположенных мембран(30нм). На них находятся ядерные поры (Д-70-80нм), образуют ядерно-поровый комплекс, Пора представляет цилиндр, сформированный набором из 8 крупных гранул.

Строение комплекса поры (схема). **1** — перинуклеарное пространство; **2** — внутренняя ядерная мембрана; **3** — наружная ядерная мембрана; **4** — периферические гранулы; **5** — центральная гранула; **6** — фибриллы, отходящие от гранул; **7** диафрагма поры; **8** — фибриллы хроматина.

# Ядро



- В ядре находятся **хромосомы** – Днк в комп-
- лексе с гистоновыми и негистоновыми белками.
- **Ядрышко** – их возникновение связано с ядрышковыми организаторами( особыми зонами хромосом) и их число определяется числом их организаторов. В них содержатся гены р-РНК.
- Кариоплазма – вязкая жидкость, напоминающая гиалоплазму, но с более высокой кислотностью.
- Содержит белки, различные виды РНК, рибосо-  
мы



# Эндоплазматическая сеть -ЭПС

- Система соединенных между собой канальцев и полостей разной величины. Их стенки представляют собой мембраны, контактирующие со всеми органеллами клетки и наружной мембраной клетки.
- Структурно – функциональная система, осуществляющая обмен и перемещение веществ внутри клетки

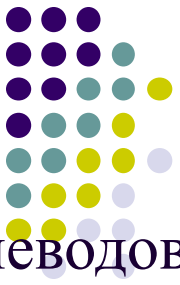


# ЭПС

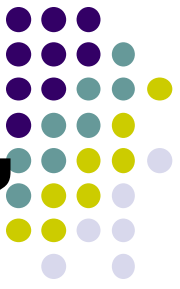
- Шероховатая-  
содержит  
прикрепленные  
рибосомы, где идет  
синтез белка

## *Гладкая ЭПС*

- Здесь находятся ферменты синтеза и расщепления углеводов и липидов и собственно стероидных гормонов.
- **Основное место биосинтеза мембран цитоплазмы.**
- Отщепляющиеся от нее пузырьки представляют собой материал для других одномембранных органелл- аппарат Гольджи, вакуоли, лизосомы



# Аппарат Гольджи

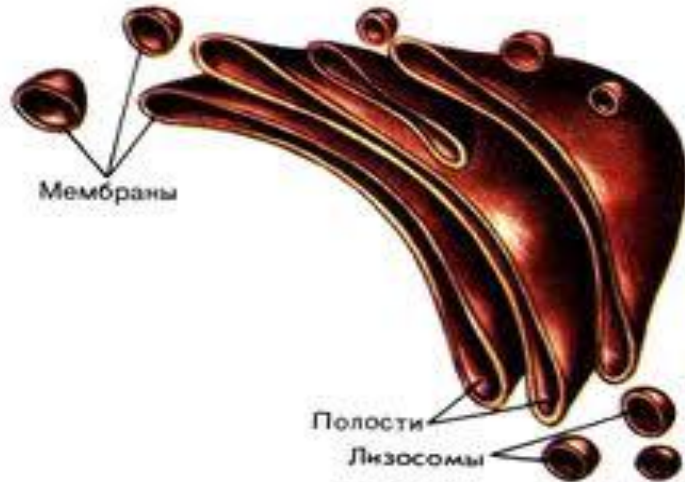


- **Состоит из окруженных мембранами полостей, уложенных в стопку, в которых происходит сортировка и упаковка поступивших макромолекул.**
- **Функция – секреторная, синтетическая, строительная, накопительная: синтез сложных углеводов – полисахаридов, их связь с белками. Синтез муцина. Транспорт липидов. Укрупнение белковых молекул. Присоединение к белкам поли и олигосахаридных цепей**

# Аппарат Гольджи



- Представляет собой образованную мембраной систему плоских цистерн, вакуолей и мелких пузырьков. В аппарат Гольджи поступают синтезированные на мембранах *эндоплазматической сети* белки и липиды. Эти соединения, а также синтезируемые в комплексе полисахариды «упаковываются» в гранулы и затем либо используются самой клеткой, либо выводятся из неё. Аппарат Гольджи образует *лизосомы*, сократительные вакуоли простейших, а также компоненты клеточной стенки у растений. Особенно хорошо этот органоид развит в секреторных клетках, напр. в вырабатывающих слизь клетках кишечника. Открыт (1898) итальянским гистологом К. Гольджи в нервных клетках

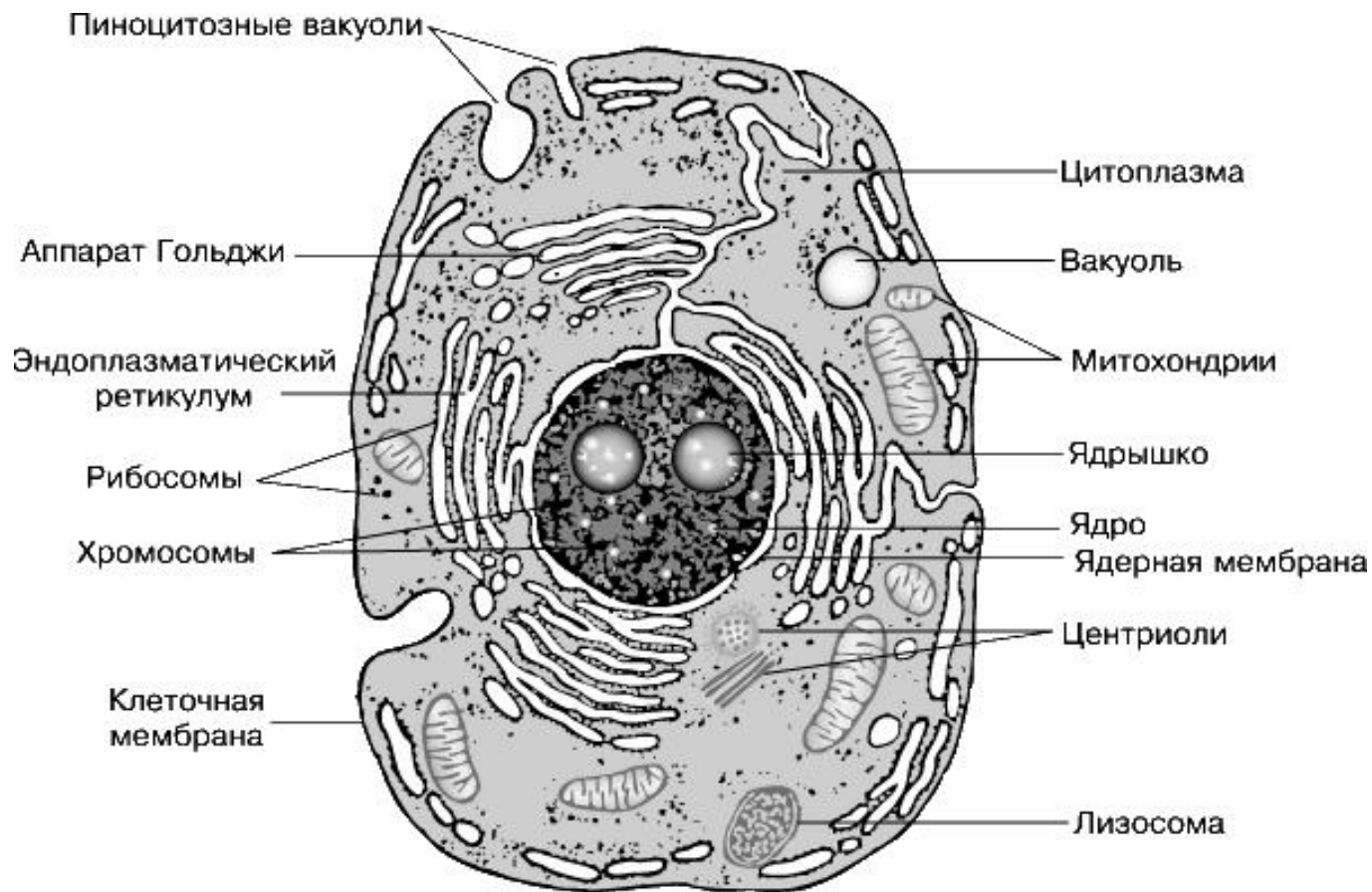


- Синтез сложных углеводов, осуществляет их связь с белками, образуя сложные комплексы -гликопротеины
- Здесь образуется гликопротеин – муцин – основная составная часть слизи.
- Принимает участие в транспорте липидов
- Здесь идет укрупнение белковых молекул
- К белкам присоединяются поли и – олигосахаридные цепи

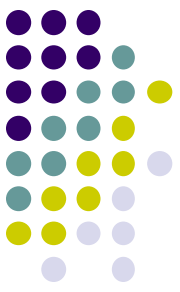




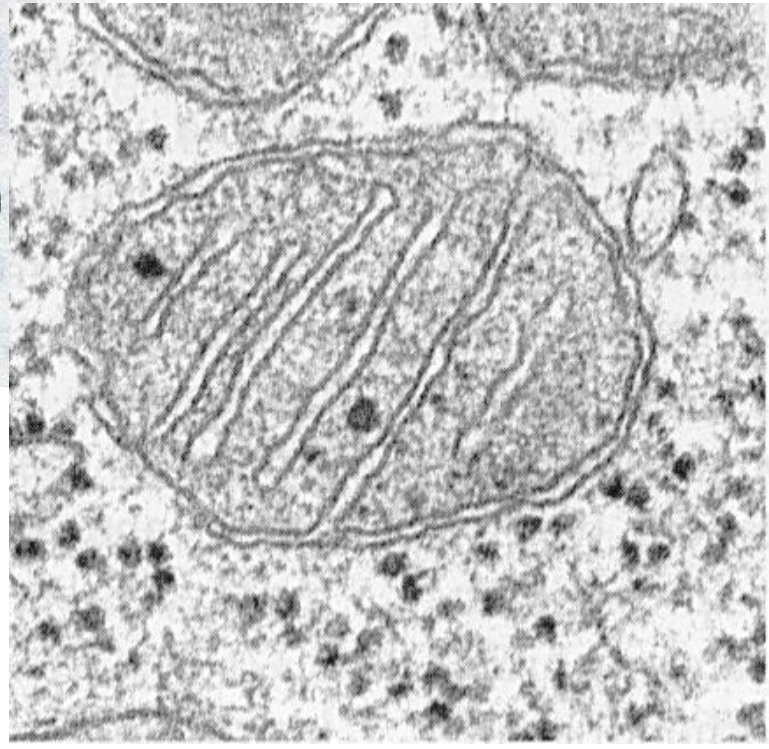
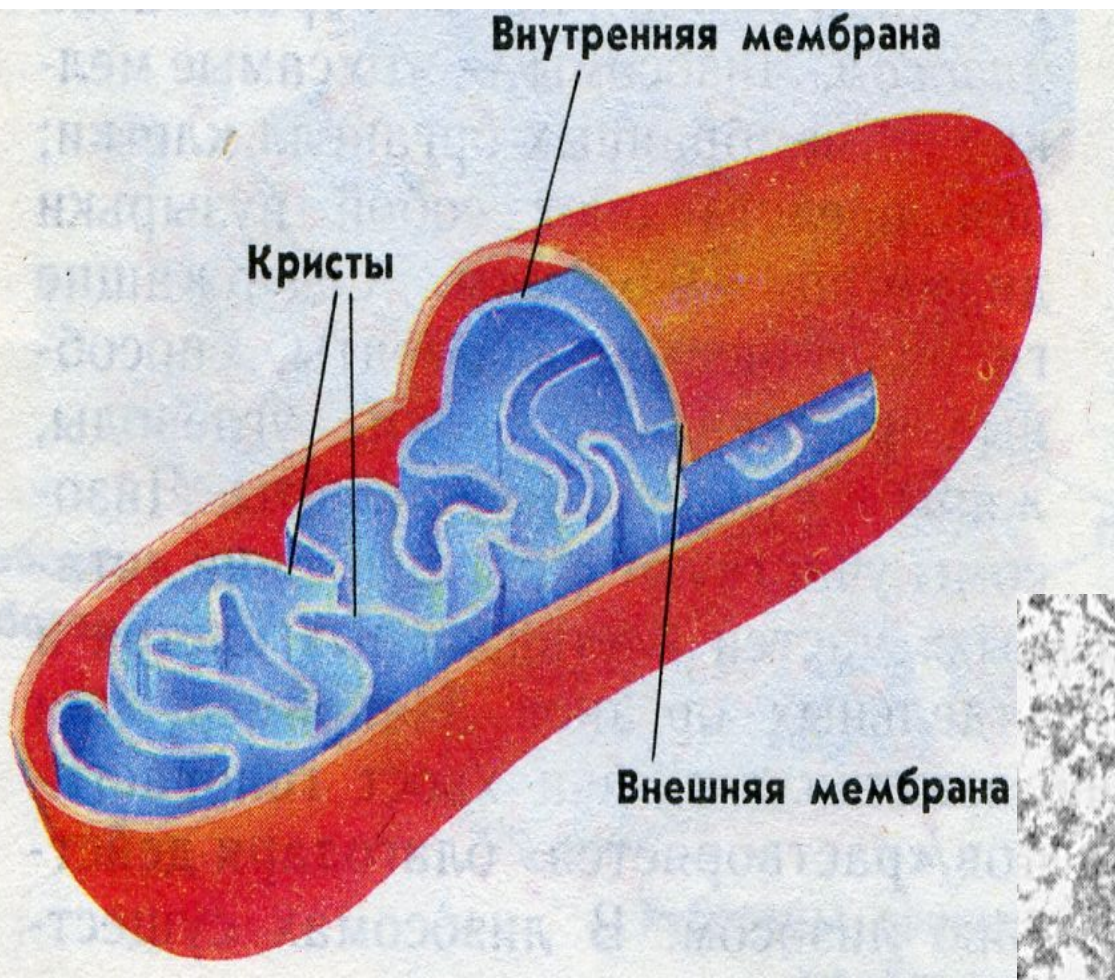
В растительных клетках обнаруживается ряд отдельных стопок называемых дактилосомами



# Митохондрии



- **Энергетические станции клетки функции которых сводятся к окислению органических соединений и использованию образовавшейся при этом энергии для синтеза АТФ.**
- **Форма, число и размеры непостоянны в зависимости от потребности клетки**
- **Скапливаются там, где нужна энергия**



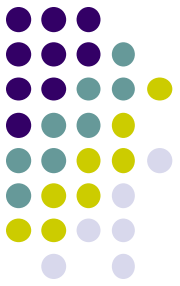


- В наружной мембране присутствуют большое число каналообразующего белка порина – наружная мембрана становится проницаемой для крупных молекул.
- Характерной чертой качественного состава внутренней мембраны является – высокое содержание транспортных белков, ферментов дыхательной цепи, а также крупных АТФ-синтетазных комплексов
- На некоторых участках обе мембраны сливаются, формируя участки, через которые в клетку поступают белки из цитоплазмы



- В матриксе находятся ферментные системы окисления глюкозы и жирных кислот, а также ферменты цикла Кребса и митохондриальные ДНК
- Собственный белок синтезирующий аппарат
- НА кристах расположены ферменты дыхательной цепи – процесс окислительного фосфорилирования, благодаря которому АдФ превращается в АТФ при помощи сложного комплекса белков АТФ – синтетаз.





# МИТОХОНДРИИ

- Белок синтезирующий аппарат
1. Мелкие рибосомы (Ks-55S)
  2. ДНК – 16500 нуклеотидный последовательностей
  3. Есть крупные рибосомы, но их мало.
- Собственные белки лишь частично удовлетворяют собственные потребности митохондрии → **полуавтономная органелла**



# Процесс энергообразования



- Превращение образовавшегося в цитозоле пирувата и жирных кислот в ацетил  $\text{-CO -A}$ .
- Окисление ацетил  $\text{-Co -A}$  в цикле Кребса ведущие к образованию НАДН $^+$  (никотинадениндинуклеотид), ФАД $_2$ Н (флавинадениндинуклеотид) и АТФ – энергоемкие соединения.
- Эти процессы идут в матриксе



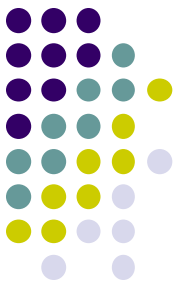
# На кристах: окислительное фосфорилирование

- Служит для превращения энергии запасенной в процессе гликолиза и цикла Кребса в виде

**НАДН<sup>+</sup>** **ФАД<sup>·</sup>Н<sub>2</sub>** в энергию высокоэнергетических связей молекул **АТФ**.

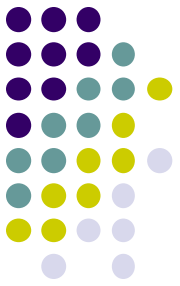
В ходе этого процесса электроны от **НАДН<sup>+</sup>** **ФАД<sup>·</sup>Н<sub>2</sub>** перемещаются по многоступенчатой цепи переноса электронов к конечному их акцептору – кислороду.

При переходе электрона со ступени на ступень в определенных звеньях такой цепи освобождается энергия, которая служит для фосфорилирования АДФ в АТФ

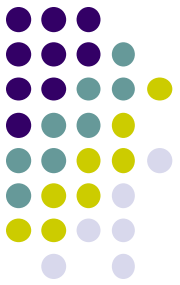


- Потребление кислорода в качестве окислителя называют «внутриклеточным дыханием» – поэтому электронно – транспортную цепь ферментов, осуществляющих перенос электронов называют дыхательной цепью.
- Суммарная реакция, катализируемая ферментами дыхательной цепи, состоит в окислении НАДН+ кислородом с образованием воды

# Заключительный этап:

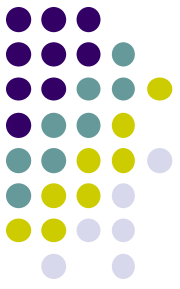


- Синтез АТФ идет в АТФ –сомах с участием АТФ – синтетаз – сложного комплекса белков



# пластиды

- Это полуавтономные структуры (могут существовать относительно автономно от ядерной ДНК клетки), которые присутствуют в растительных клетках. Они образуются из пропластид, которые имеются у зародыша растения. Отграничены двумя мембранами.

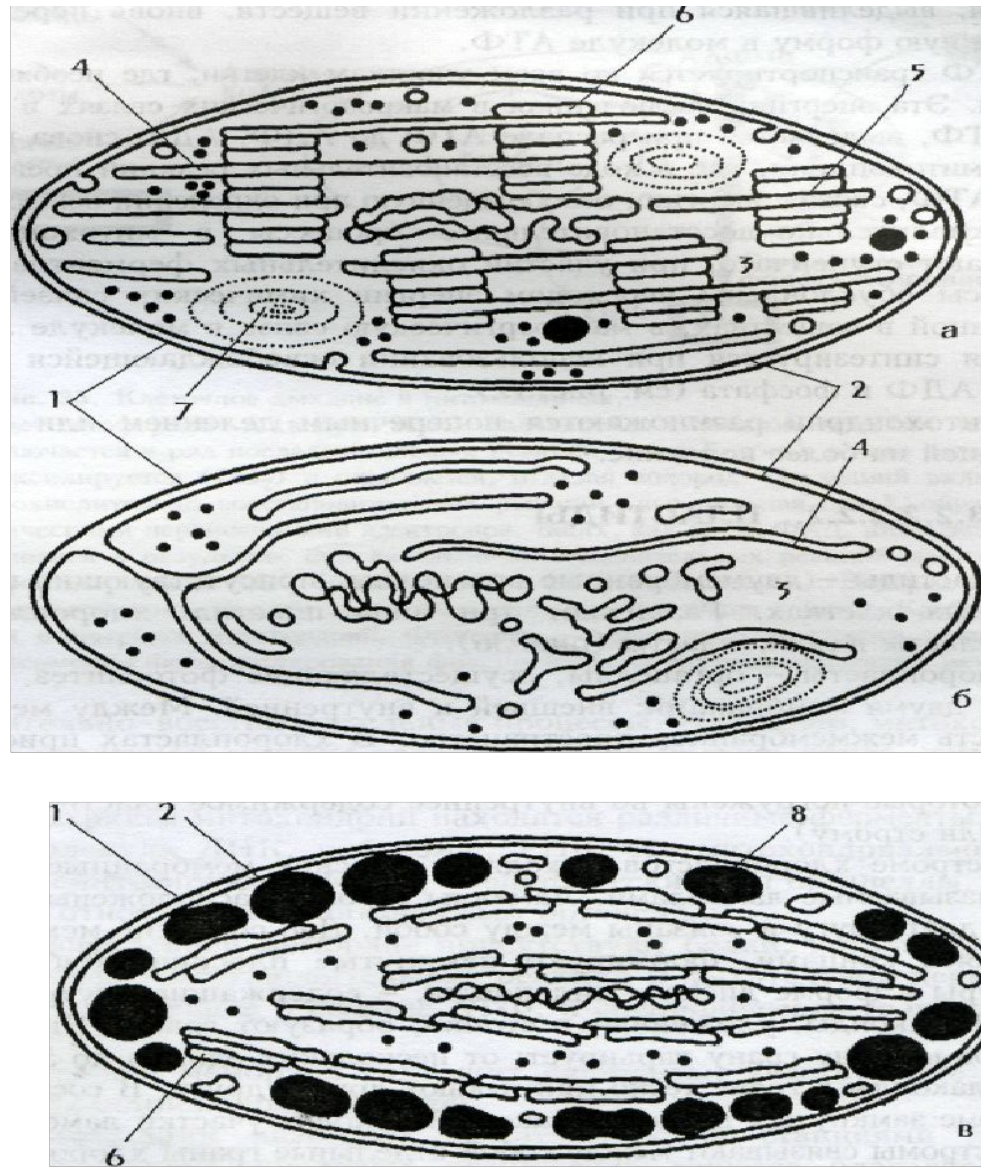


## **Выделяют три группы пластид:**

**1) лейкопласты.** Имеют округлую форму, не окрашены и содержат питательные вещества (крахмал);

**2) хромопласты.** Содержат молекулы красящих веществ и присутствуют в клетках окрашенных органов растений (плодах вишни, абрикоса, помидоров);

**3) хлоропласты.** Это пластиды зеленых частей растения (листьев, стеблей). По строению они во многом схожи с митохондриями животных клеток. Наружная мембрана гладкая, внутренняя имеет выросты — ламеллосомы, которые заканчиваются утолщениями — тилакоидами, содержащие хлорофилл. В строме (жидкой части хлоропласта) содержатся кольцевая молекула ДНК, рибосомы, запасные питательные вещества (зерна крахмала, капли жир



**Рис. 36.** Строение (а) хлоропласта, лейкопласта (б), хромопласта (в); 1 - внешняя мембрана, 2 - внутренняя мембрана, 3 - матрикс (stroma), 4 - ламеллы стромы, 5 - грана, 6 - тилакоид, 7 - крахмальное зерно, 8 - липидная капля с пигментами.



# Пластиды

Лейкопласты

Хлоропласты

Хромопласты

## Строение

**2 мембраны:** Наружная, Внутренняя (содержащие хлорофилл граны, собранные из стопки тилакоидных мембран)

**Строма** (внутренняя полужидкая среда, содержащая белки, ДНК, РНК и рибосомы)

## Функции:

Синтез АТФ

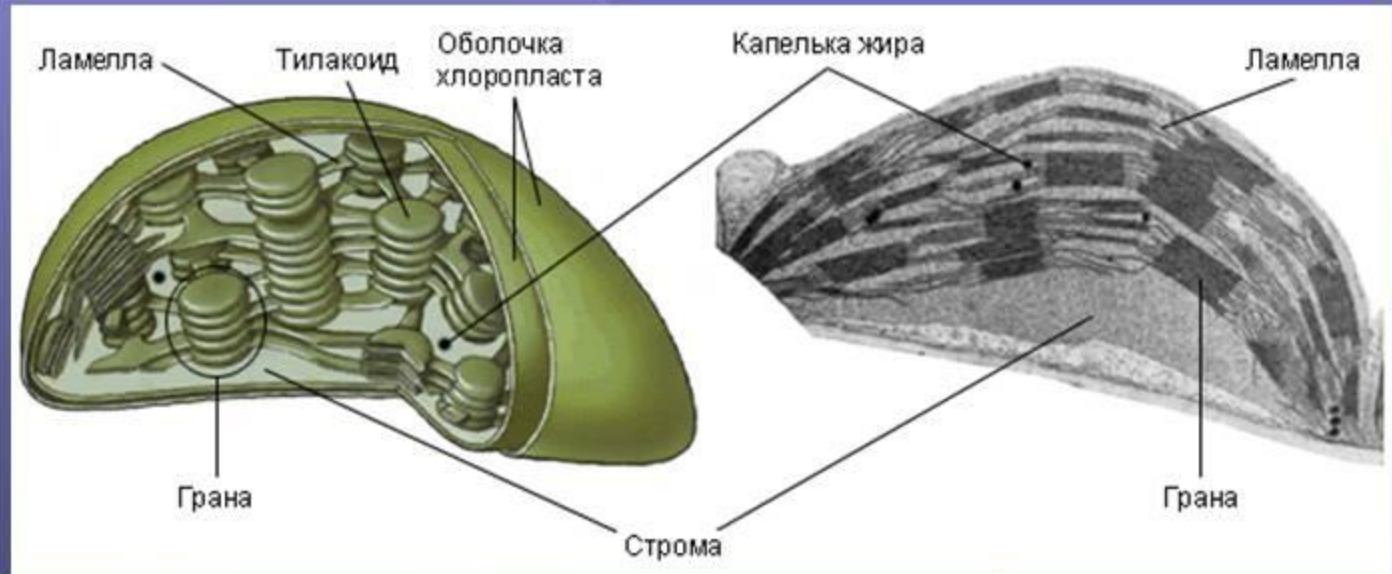
Синтез

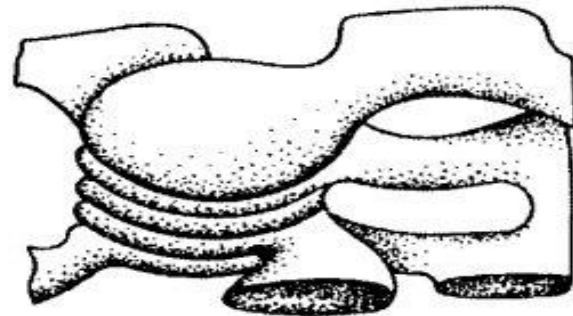
углеводов

Биосинтез

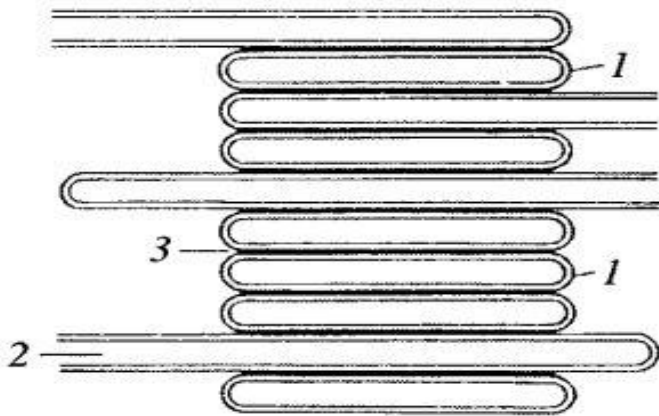
собственных

белков





*a*



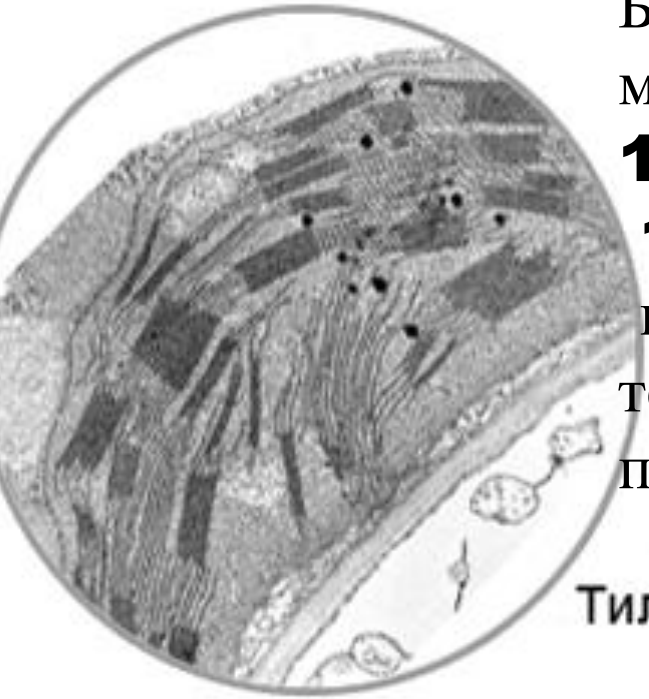
*б*

- Хлоропласты представляют собой структуры, ограниченные двумя мембранами — внутренней и внешней. Внешняя мембрана, как и внутренняя, имеет толщину около 7 мкм, они отделены друг от друга межмембранным пространством около 20—30 нм. Внутренняя мембрана хлоропластов отделяет строму пластиды, аналогичную матриксу митохондрий. В строме зрелого хлоропласта высших растений видны два типа внутренних мембран. Это - мембраны, образующие плоские, протяженные ламеллы стромы, и мембраны тилакоидов - плоских дисковидных вакуолей, или мешков.

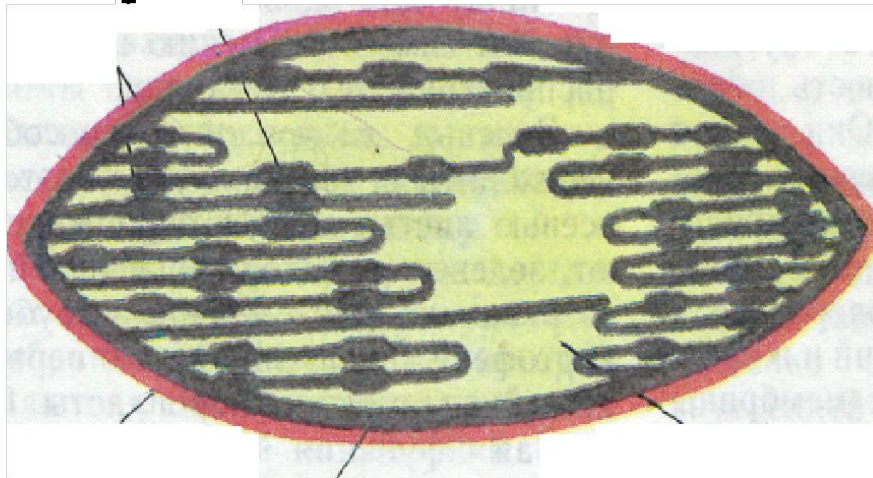
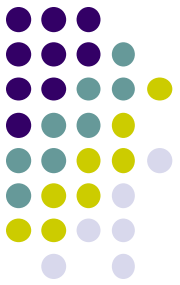
Ламеллы стромы (толщиной около 20 мкм) представляют собой плоские полые мешки или же имеют вид сети из разветвленных и связанных друг с другом каналов, располагающихся в одной плоскости. Обычно ламеллы стромы внутри хлоропласта лежат параллельно друг другу и не образуют связей между собой.

Кроме мембран стромы в хлоропластах обнаруживаются мембранные тилакоиды. Это плоские замкнутые мембранные мешки, имеющие форму диска. Величина межмембранного пространства у них также около 20-30 нм. Такие тилакоиды образуют стопки наподобие столбика монет, называемые гранами (рис. 227). Число тилакоидов на одну грану очень варьирует: от нескольких штук до 50 и более

Белоксинтезирующий аппарат- находится в матриксе. Представлен кольцевой ДНК – **130 -160** тыс. пар нуклеотидов - около **130** генов. Рибосомы **70s** (как у прокариотриот) Часть белков синтезируется самостоятельно – полуавтономная органелла.





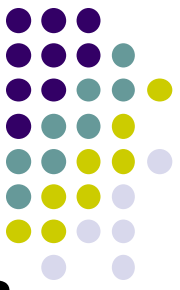


Грана, расположенные в шахматном порядке

Наружная мембрана  
Строма хлоропласта (матрикс)  
Внутренняя мембрана, создающая всю сложную структуру

Рис, 28. Схема строения хлоропласта и его внутренняя структура (справ

# Фотосинтез; Световая фаза



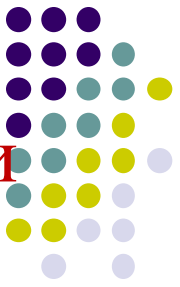
- Энергия света поглощается хлорофиллом, который фиксирован в мембранах тилакоидов и переводит его в возбужденное состояние.
- Электрон в составе хлорофилла поглощает квант света определенной длины волны и перемещается на более высокий энергетический уровень этой молекулы.
- Возбужденный электрон перемещается по цепи переносчиков электронов, при этом он теряет энергию.



- Освободившаяся энергия служит для фосфорилирования АДФ в АТФ.
- Часть возбужденных светом электронов используется также для восстановления НАДФ (никотинамидадениндинуклеотид фосфат) – это соединение захватывает возбужденные светом электроны и ион водорода и восстанавливается в результате в НАДФ.Н



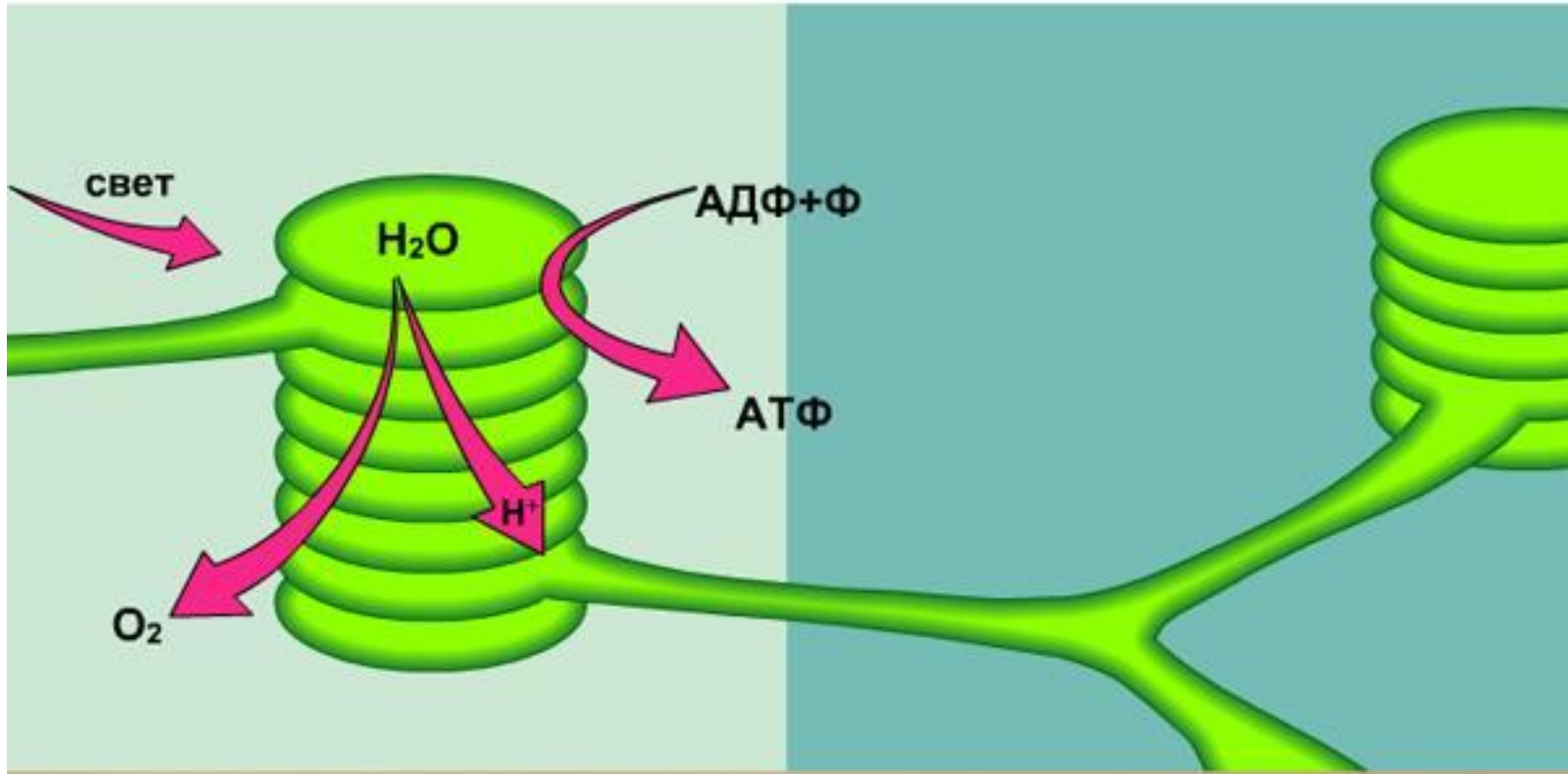
- Под действием солнечного света в хлоропластах происходит фотолиз воды при этом возникают электроны, которые замещают потери их хлорофиллом;
- В качестве побочного продукта при этом образуется кислород



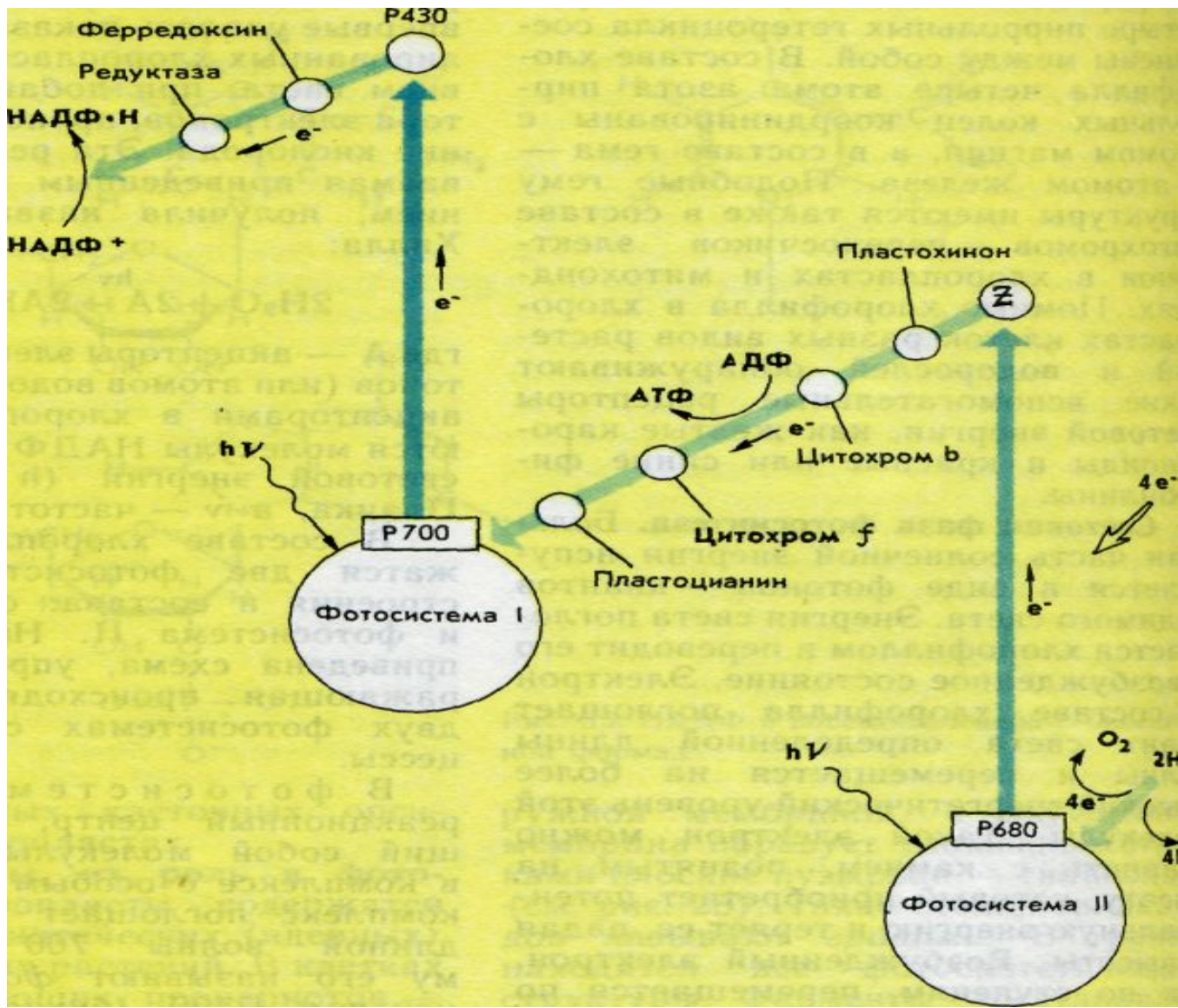




## Световая фаза



Нажмите на кнопку <Далее>, чтобы перейти к следующим действиям



# Темновая фаза

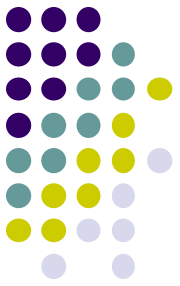


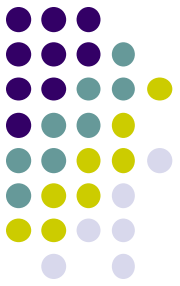
- В составе хлоропласта есть фермент, который катализирует соединение молекулы углекислого газа с производным сахара рибозы.
- Одна молекула гексозы или глюкозы образуется из **6** молекул  $\text{CO}_2$ . При этом для синтеза молекулы гексозы приходится расходовать **18** молекул АТФ и **12** НАДФ.Н
- Глюкоза полимеризуется в крахмал.

- Лизосомы и вакуоли- учить самостоятельно

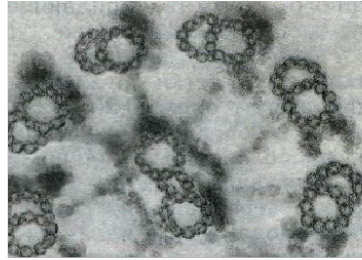


# Немембранные органеллы клетки



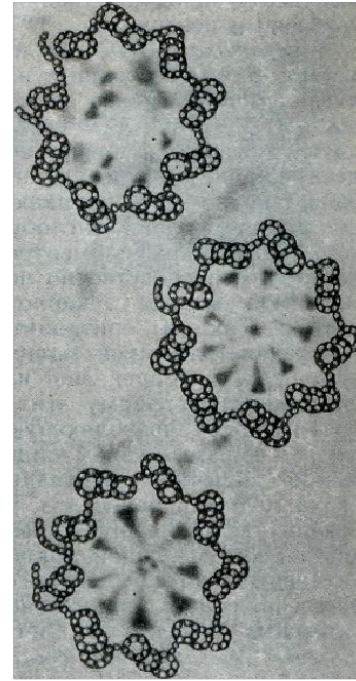


# Опорно – двигательная система клетки



100 нм

Поперечный срез жгутика одноклеточной зеленой водоросли



1. Жгутики
2. Микрофиламенты
3. микротрубочки



Строение базального тельца:



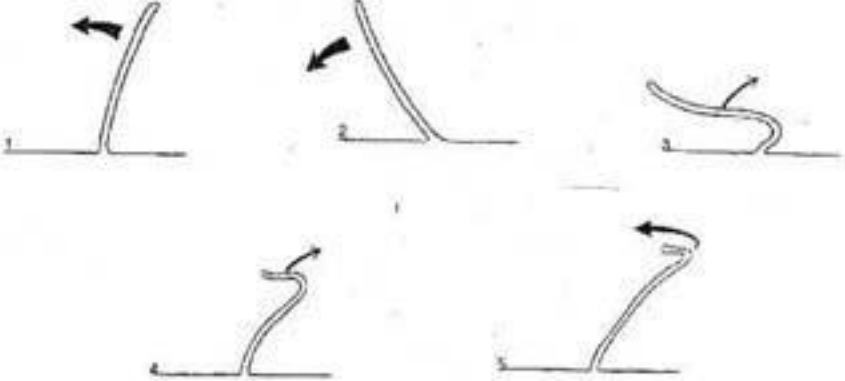
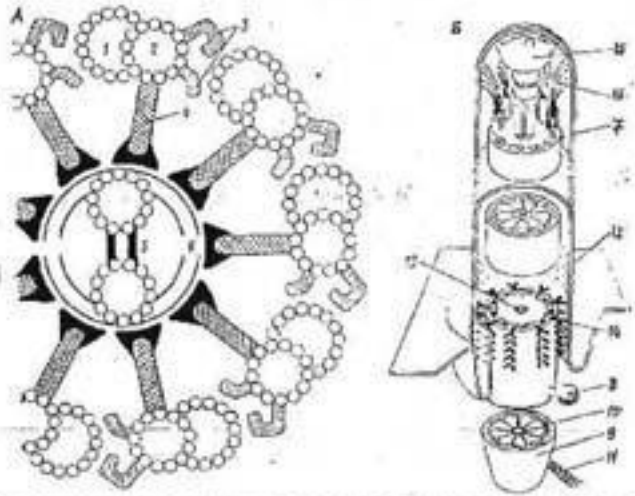
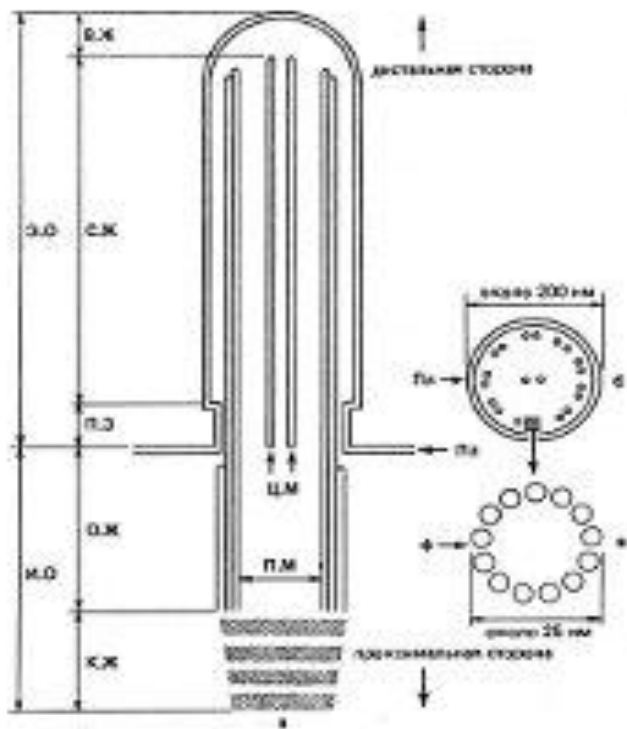
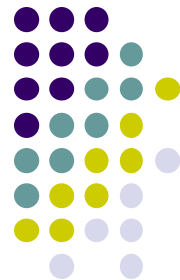


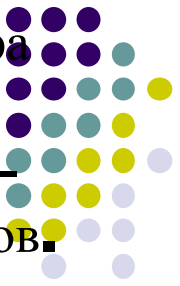
Схема движения реснички на поверхности эукариотической клетки. Каждый цикл длится от 0.1 до 0.2 с.

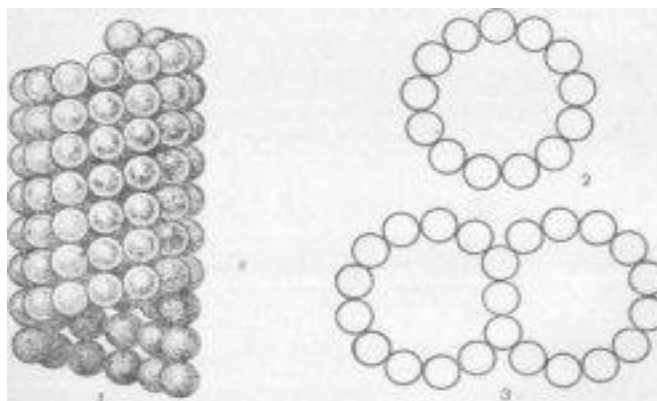
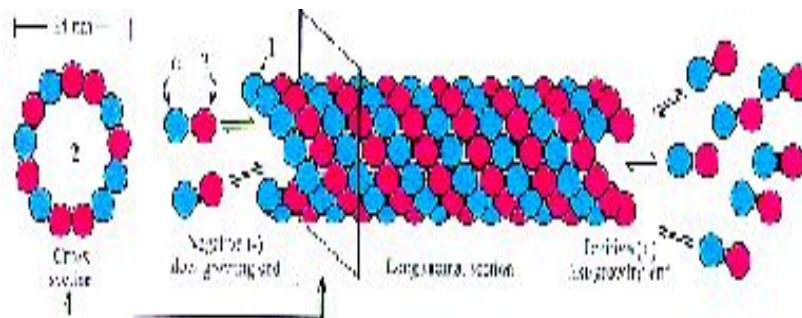
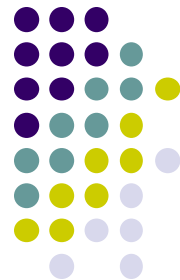
Схема организации реснички на поперечном разрезе (А) и объемная модель строения (Б). 1, 2 - микротрубочки периферического дублета; 3 - динеиновые "руки"; 4 - нексиновые "спицы"; 5 - центральный дублет; 6 - нексиновая капсула; 7 - плазматическая мембрана; 8 - сателлитное тельце; 9 - базальное тельце; 10 - триплеты микротрубочек; 13, 14 - базальный аппарат крепления; 15 - апикальная "шпалочка" - аппарат крепления центрального дублета к плазматической мембране; 16 - фибриллярные структуры крепления периферических дублетов к плазматической мембране

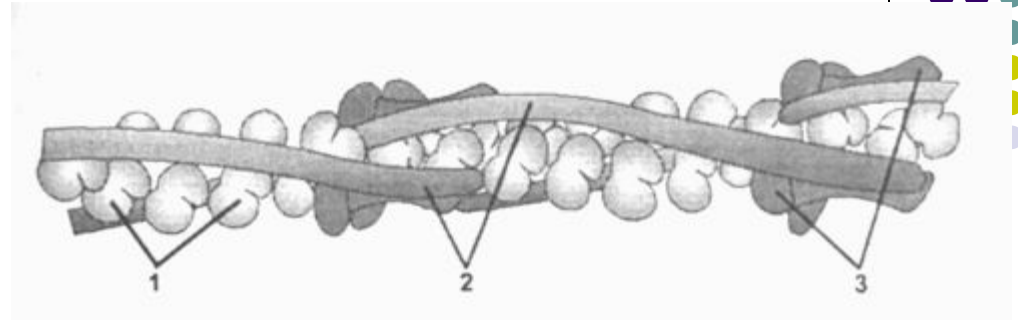




- **МИКРОТРУБОЧКА (microtubula)**, полая цилиндрич. структура клеток эукариотных организмов. Дл. от **100** нм до **1** млн. нм, диам. **24 ± 2** нм, толщина стенки **4,5** нм. Осн. компонент М. — белок тубулин, кроме него в состав М. входит ок. **20** разл. белков. М. образуют сеть в цитоплазме интерфазных клеток, веретено деления клетки, входят в состав ресничек и жгутиков, базальных телец и центриолей. М. участвуют в расхождении хромосом при митозе и мейозе, в поддержании формы клетки (образуют цитоскелет), во внутриклеточном транспорте, перемещении органоидов, секреции, формировании клеточной стенки. М. способны к самосборке и распаду в клетке и **in vitro**. Цитоплазматич. М. и, вероятно, М. веретена находятся в динамич. равновесии с растворённым в цитоплазме тубулином. Разрушаются М. под воздействием колхицина, подофиллотоксина и их аналогов, низкой темп-ры (**0°C**), высокого давления (сотни атм), ионов кальция.







Микрофиламенты – тонкие белковые нити диаметром **5-8** нм, встречающиеся практически во всех типах клеток. Они могут располагаться в цитоплазме пучками, сетевидными слоями или поодиночке. Основным белком микрофиламентов является актин. В клетке актин существует в двух формах: мономерной (глобулярный актин, **G**-актин) и полимеризованной (фибриллярный актин, **F**-актин).

Основными функциями микрофиламентов являются: обеспечение определенной жесткости и упругости клетки, изменение консистенции цитоплазмы, участие в эндоцитозе и экзоцитозе, обеспечение подвижности немышечных клеток (например, нейтрофилов и макрофагов), участие в сокращении мышечных клеток и волокон и др.

# Клеточный центр

Центриоль – цилиндр по окружности которого располагаются **9** триплетов микротрубочек

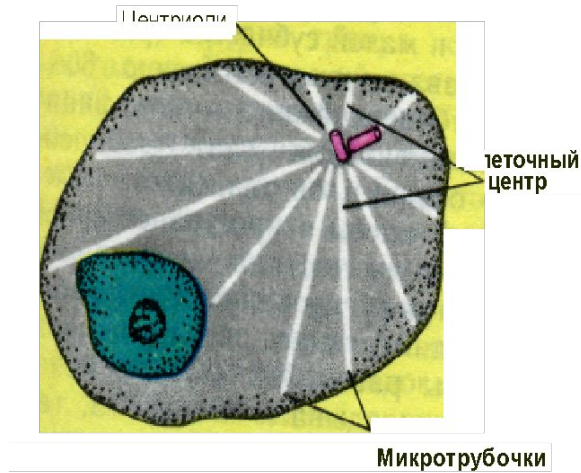
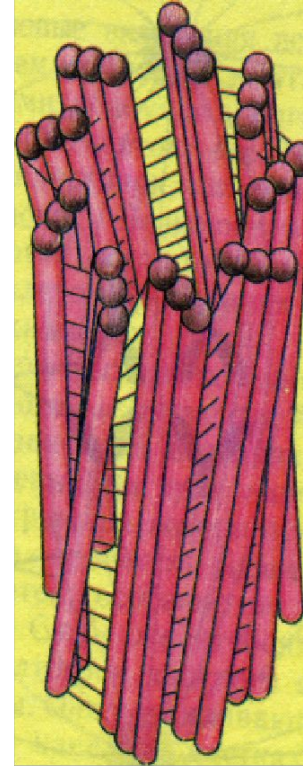


Схема строения клеточного центра (слева) и центриоли (справа)



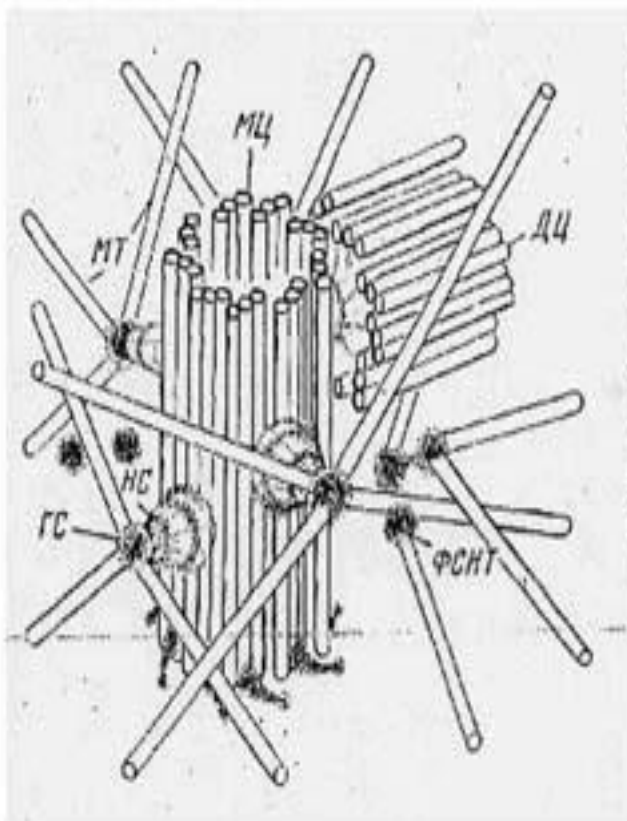
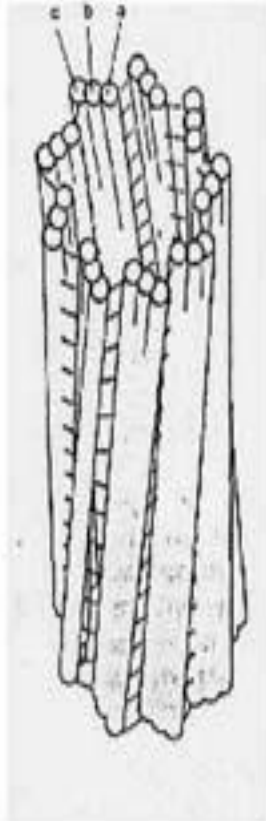
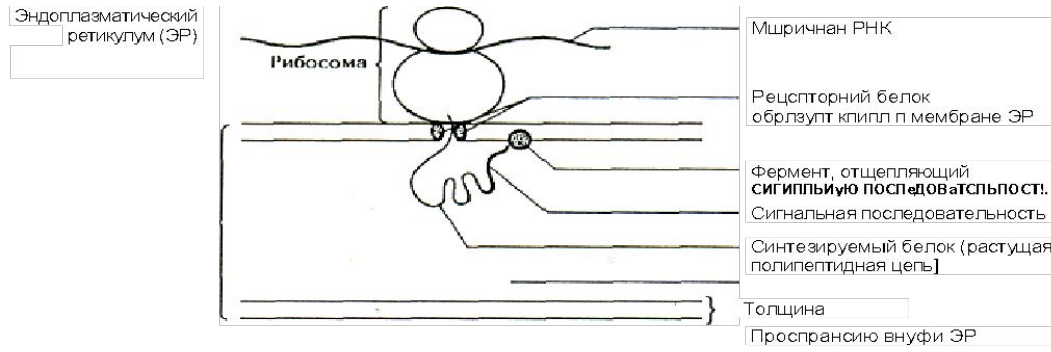


Схема строения центриоли. Центриоль состоит из 9 триплетов микротрубочек, причем каждый триплет содержит одну полную микротрубочку (а) и две примыкающие к ней неполные микротрубочки (b и c). Особые белки образуют поперечные шивки, поддерживающие цилиндрическую структуру.

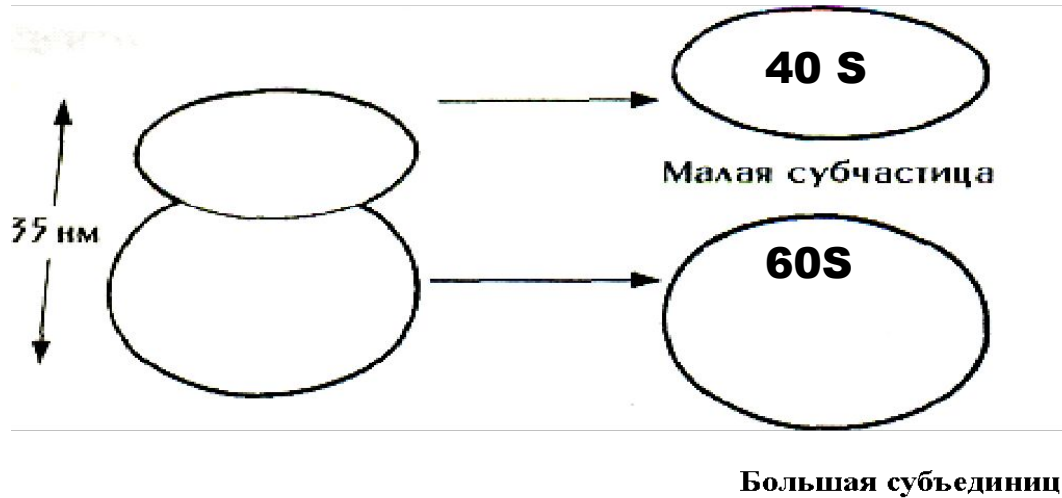
Справа - центриоли клеточного центра. МЦ и ДЦ - материнская и дочерние центриоли; МТ - микротрубочки; ФСНТ - фокусы схождения микротрубочек.



# Рибосомы (**d-20 нм**) – самые мелкие клеточные органеллы.



Поступление повосинтсзировашого белка в эндоплазматический ретикулум



Строение 80S – рибосомы эукариотической клетки

Коэффициент седиментации – скорость осаждения при центрифугировании