

Анатомия ЦНС и нейрофизиология

Лектор: проф. Дубынин В.А.

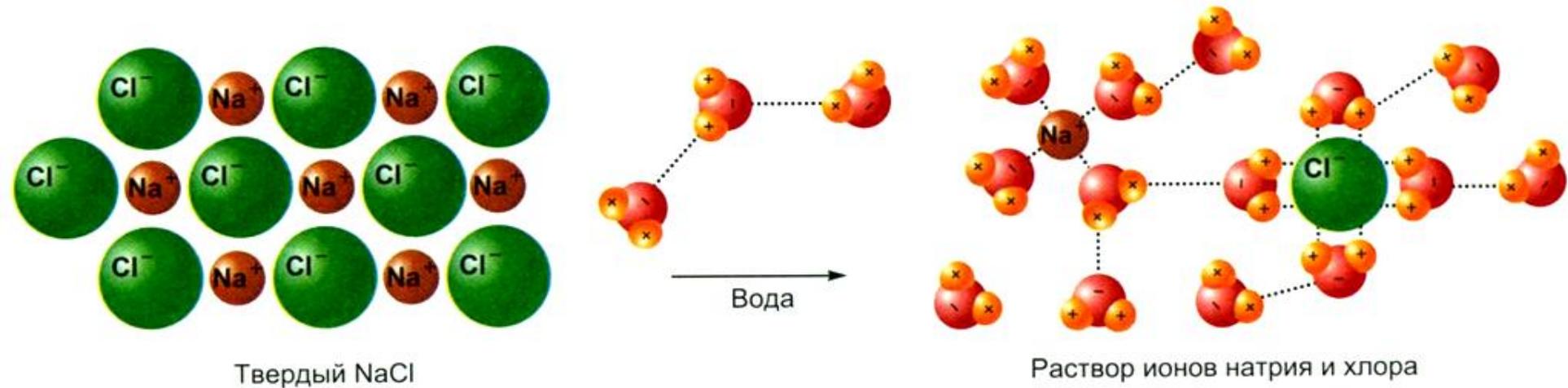
*Химический состав живых организмов.
Строение клеток.*

H_2O – вода:

65-70% массы
тела человека,
«универсальный
растворитель»

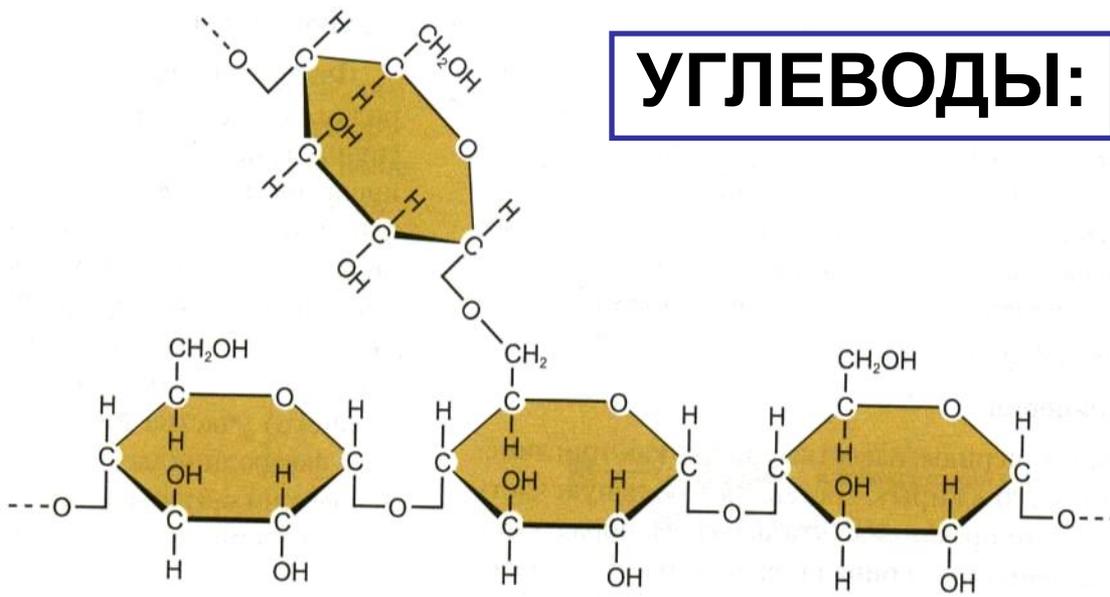
Минеральные соли:

при растворении в воде образуют ионы
(переносчики зарядов в
биоэлектрических процессах):



Na^+ и Ca^{2+} – активирующее действие на нервную систему
 K^+ и Cl^- – участвуют в торможении нервных клеток

УГЛЕВОДЫ:



Моносахариды:

глюкоза

(C₆H₁₂O₆)

(энергетическая
функция; 0.1% в
плазме крови)

фруктоза

рибоза

Полисахариды:

крахмал

целлюлоза

гликоген

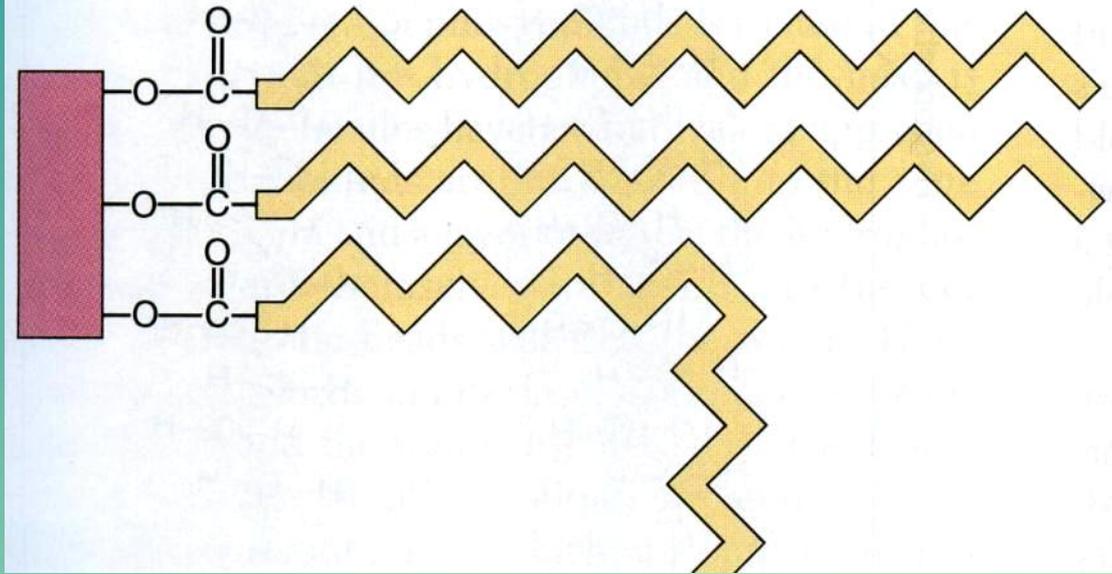
(запасающая
функция)



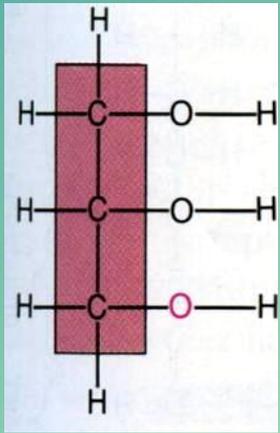
гликоген: несколько тысяч молекул глюкозы

Липиды:

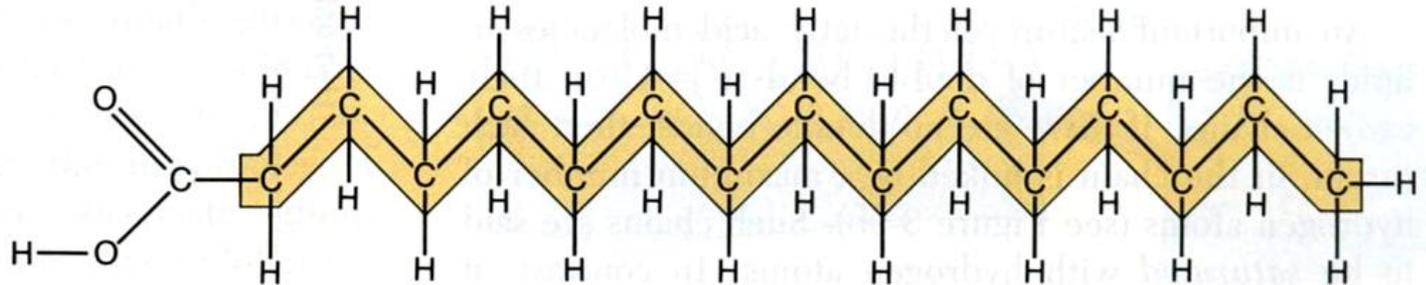
глицерин
+
три остатка-«угле-
водородных хвоста»
жирных кислот



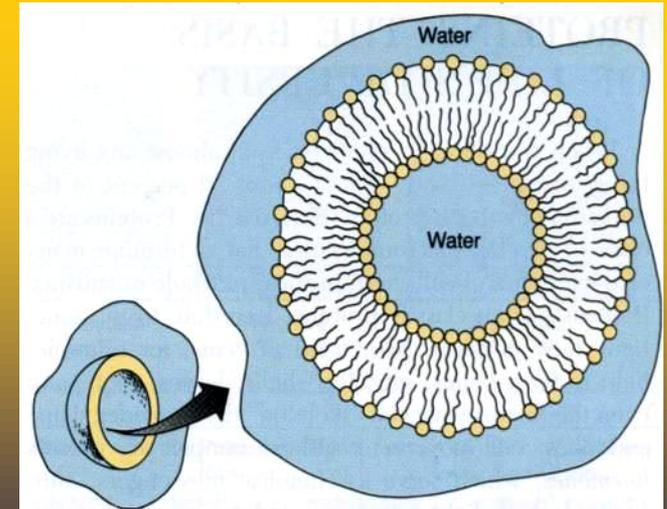
Глицерин: $\text{CH}_2\text{OH}-\text{CHOH}-\text{CH}_2\text{OH}$



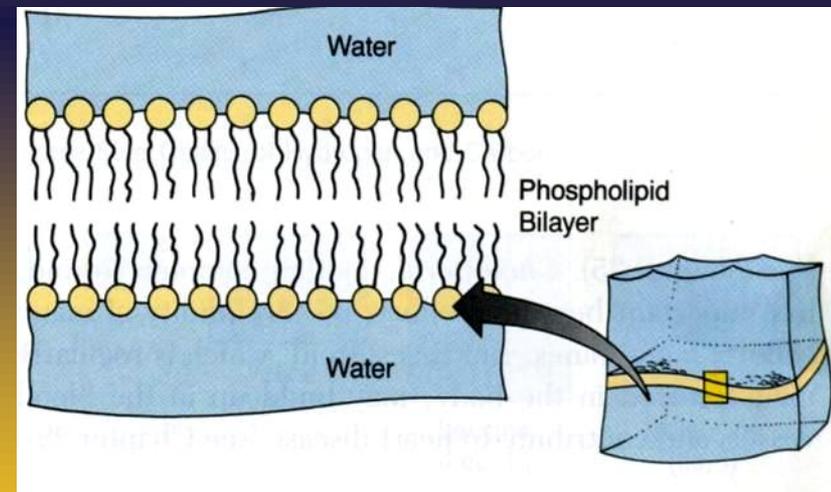
Жирная кислота:
 $\text{COOH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\dots-\text{CH}_2-\text{CH}_3$



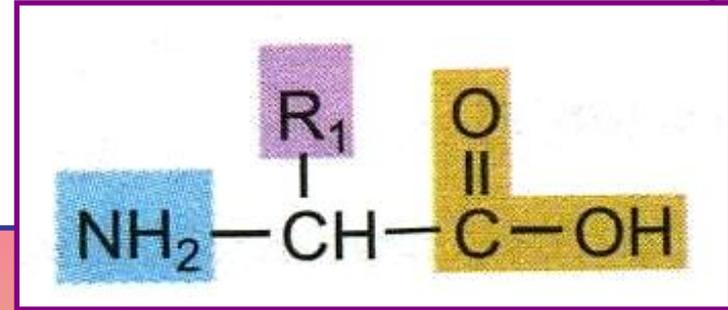
Фосфолипиды:
глицерин
+ два углеводородных хвоста
+ фосфорная к-та



В водном растворе
липиды и
фосфолипиды
образуют капли и
двуслойные пленки.
Такие пленки –
основа всех
биологических
мембран
(*строительная
функция + энерге-
тическая и
запасающая*).

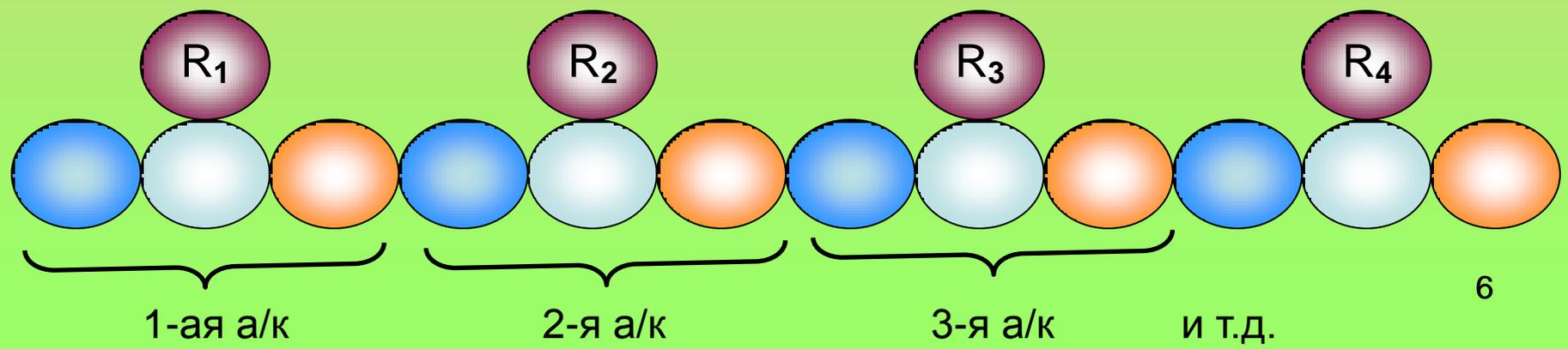
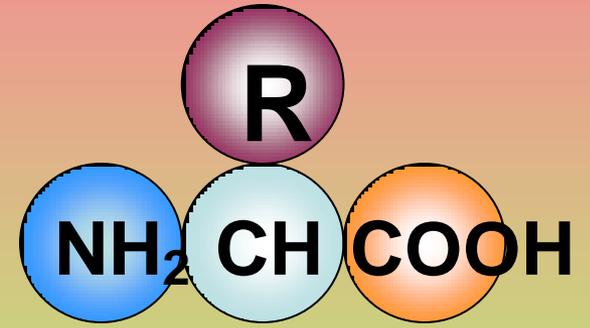


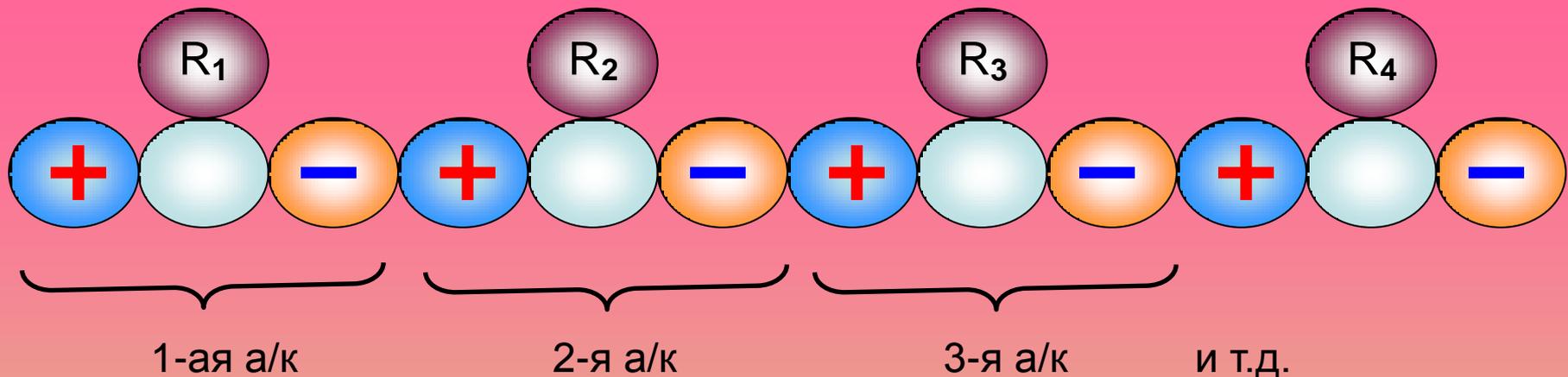
Белки: состоят из мономеров – аминокислот (а/к). Каждая а/к имеет аминогруппу (-NH₂), кислотную группу (-COOH), радикал (R). Всего в состав белков входят 20 типов а/к; они различаются лишь хим. структурой R.



Полимеризация а/к с образованием белка происходит за счет связывания COOH-группы предыдущей а/к с NH₂-группой следующей а/к.

Итоговая цепь а/к – **первичная структура** белка. Радикалы не принимают участия в ее формировании. Средняя длина белков. молекулы – 300-700 а/к. У каждого белка – своя уникальная первичная структура.

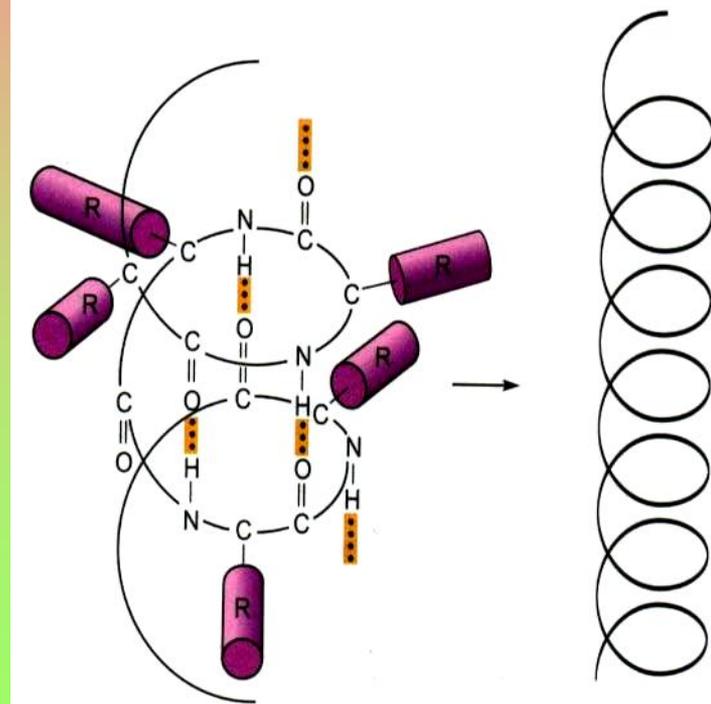




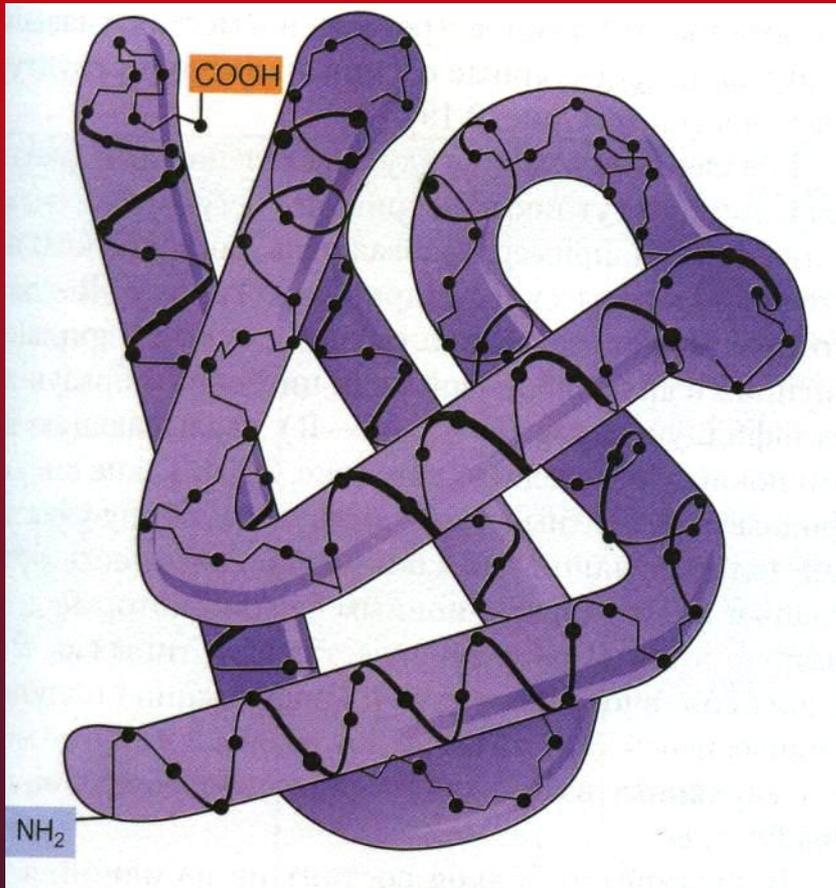
Следующий этап: образование **вторичной структуры** белка.

Она формируется за счет присутствия на аминокеттах довольно большого **положительного** заряда, на кислотных группах – **отрицательного** заряда.

Взаимное притяжение таких (+) и (–) ведет к укладке белковой цепи в спираль (на каждом витке примерно 3 а/к; радикалы в этом вновь не участвуют).



Третичная структура белка – белковый клубок, формируется за счет взаимодействия радикалов (и, следовательно, зависит от первичной структуры).



Взаимодействие радикалов может происходить благодаря:

- образованию ковалентной химической связи
- притяжению неравномерно заряженных областей
- контакту углеводородных участков (как в случае «хвостов» липидных молекул) и др.

Третичная структура

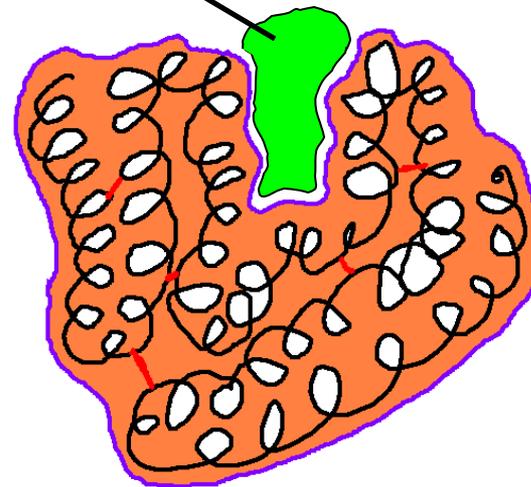
(белковый клубок),
как правило, имеет
ямку («активный центр»)
Здесь происходит захват
молекулы-мишени
(«лиганда») по принципу
«ключ-замок».

После этого белок
способен выполнить с
лигандом те или иные
операции.

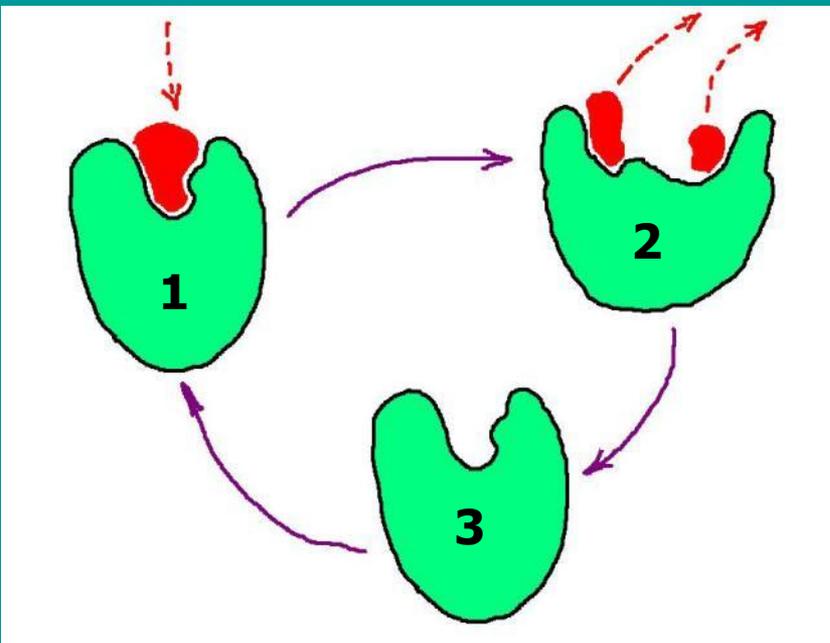
**Тип операции с
лигандом = тип белка.**



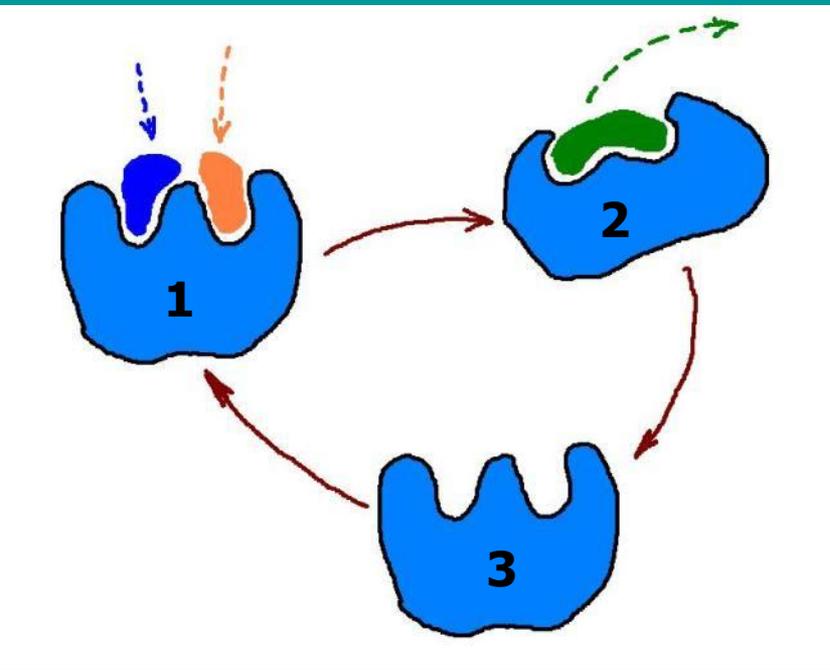
лиганд



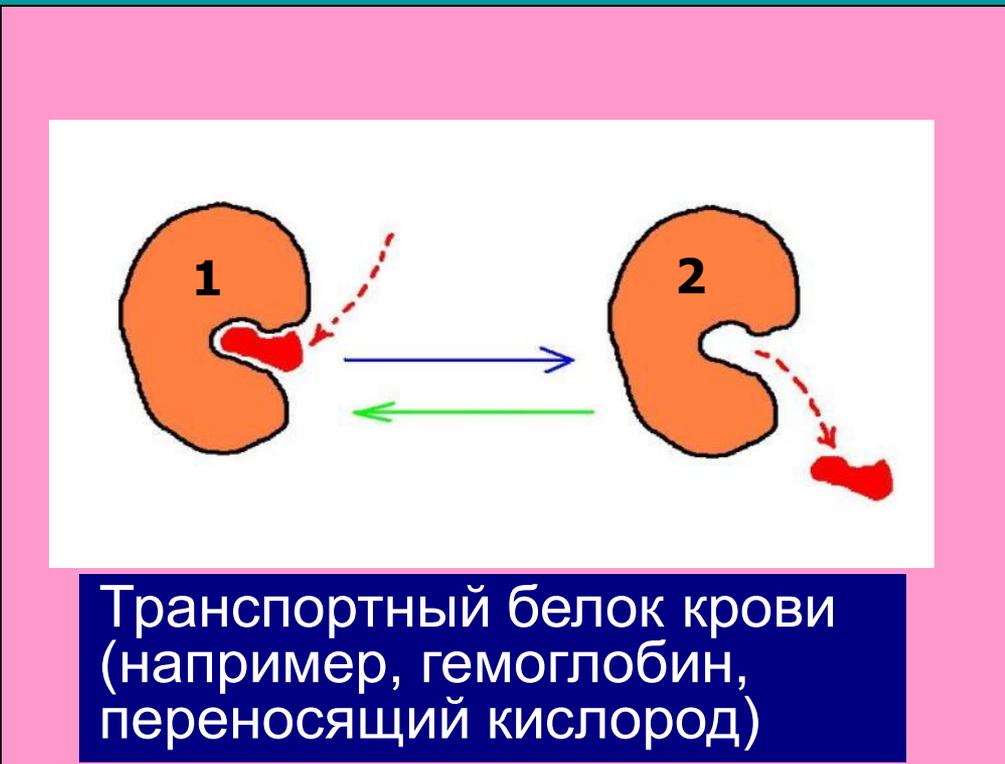
белки-ферменты;
транспортные белки
(*белки крови,
каналы, насосы*);
белки-рецепторы;
двигательные белки;
защитные (антитела),
строительные и др.



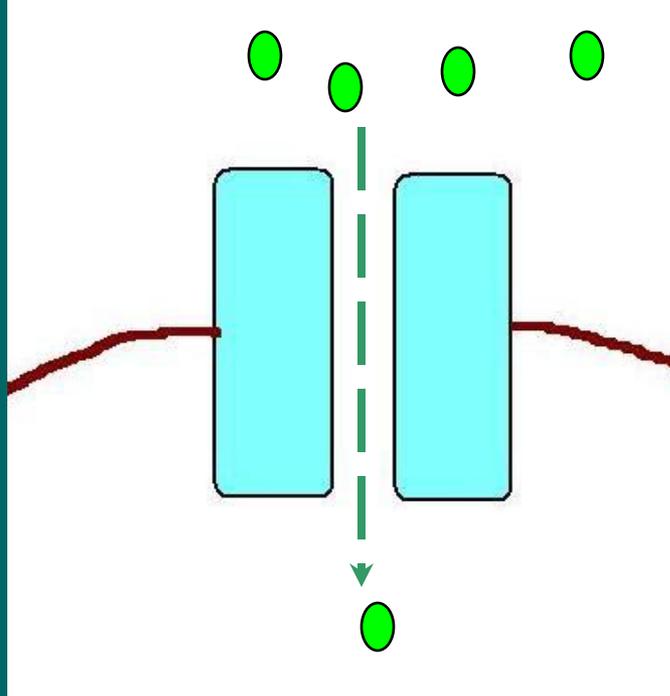
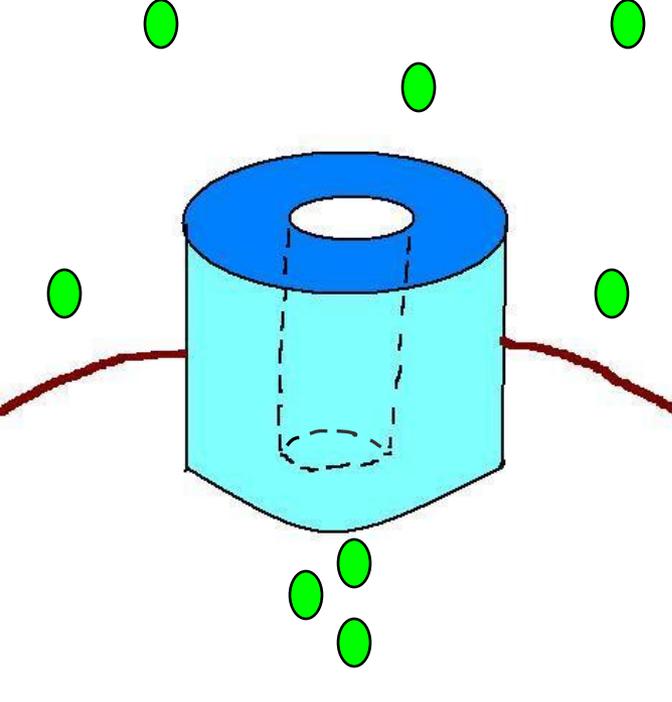
Белок-фермент, управляющий распадом вещества-лиганда (пример: пищеварит. ферменты)



Белок-фермент, управляющий синтезом нового вещества из двух лигандов

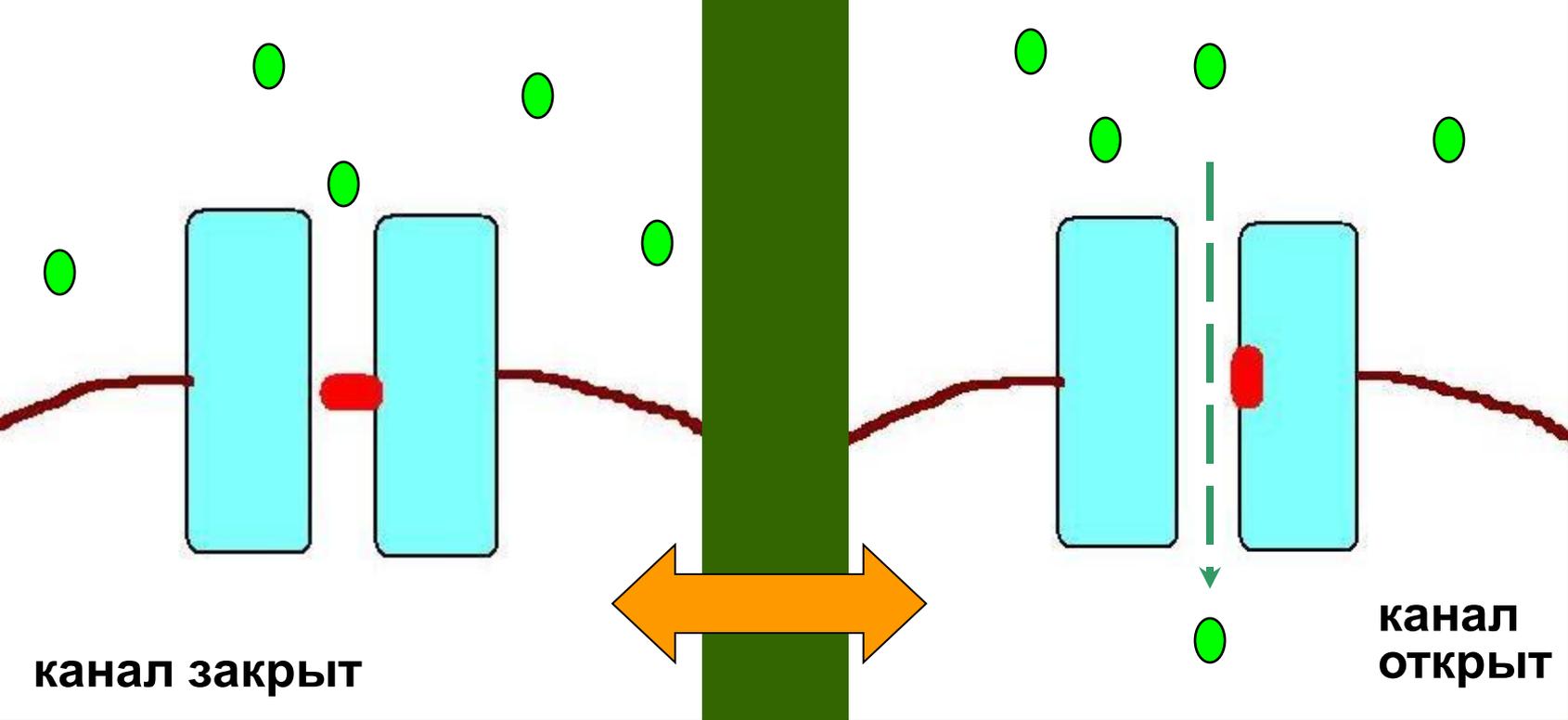


Транспортный белок крови (например, гемоглобин, переносящий кислород)

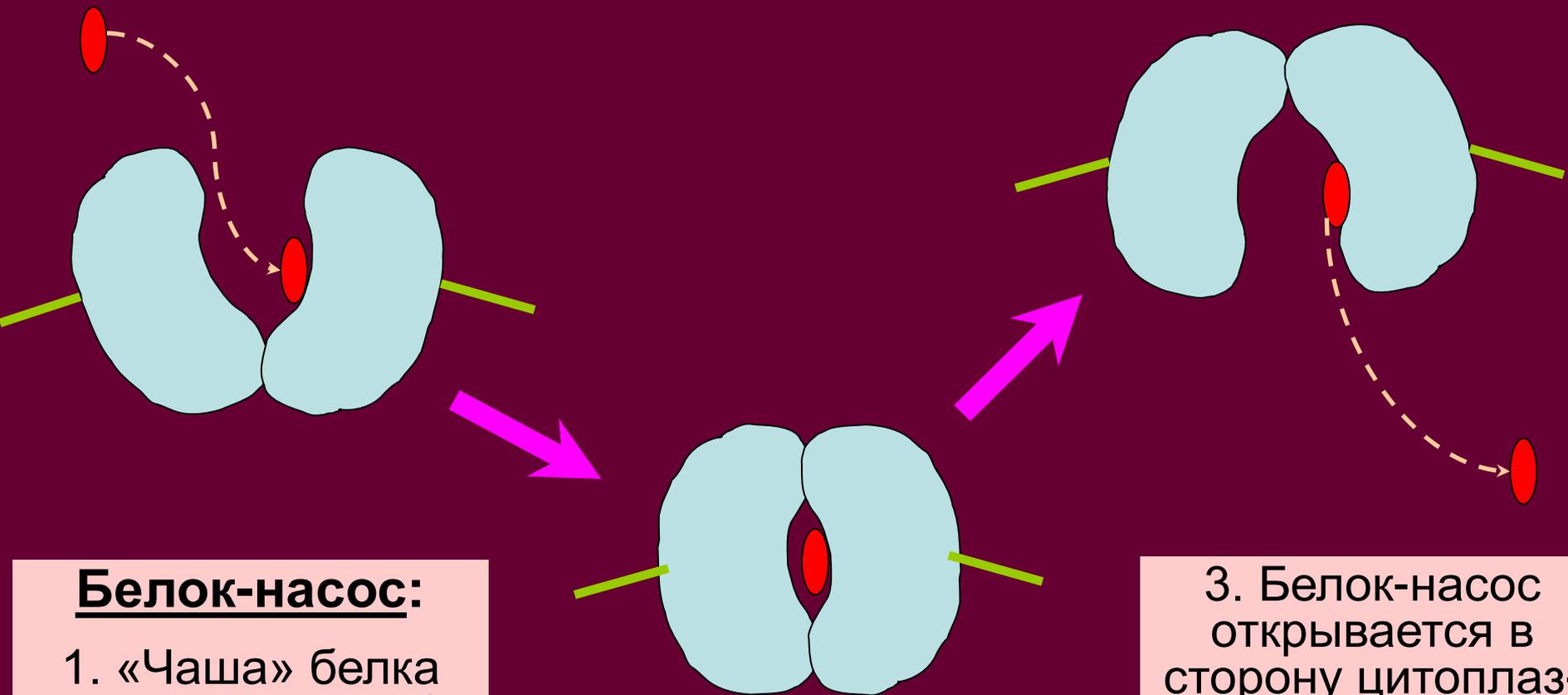


Постоянно открытый белок-канал: похож на цилиндр с отверстием; встроен в мембрану клетки; через него может идти диффузия (как правило, строго определенных мелких частиц – молекул H_2O , ионов K^+ , Na^+ и др.).

Диффузия – движение частиц среды из области с высокой концентрацией в область с низкой концентрацией; чем больше разность концентраций, тем интенсивнее диффузия.



Белок-канал со створкой: также встроен в мембрану клетки; его отверстие перекрыто петлей-створкой, («канал закрыт»). Створка при определенных условиях может открываться, «разрешая» диффузию (условия открытия: появление определенных химических веществ, электрические воздействия и др.).

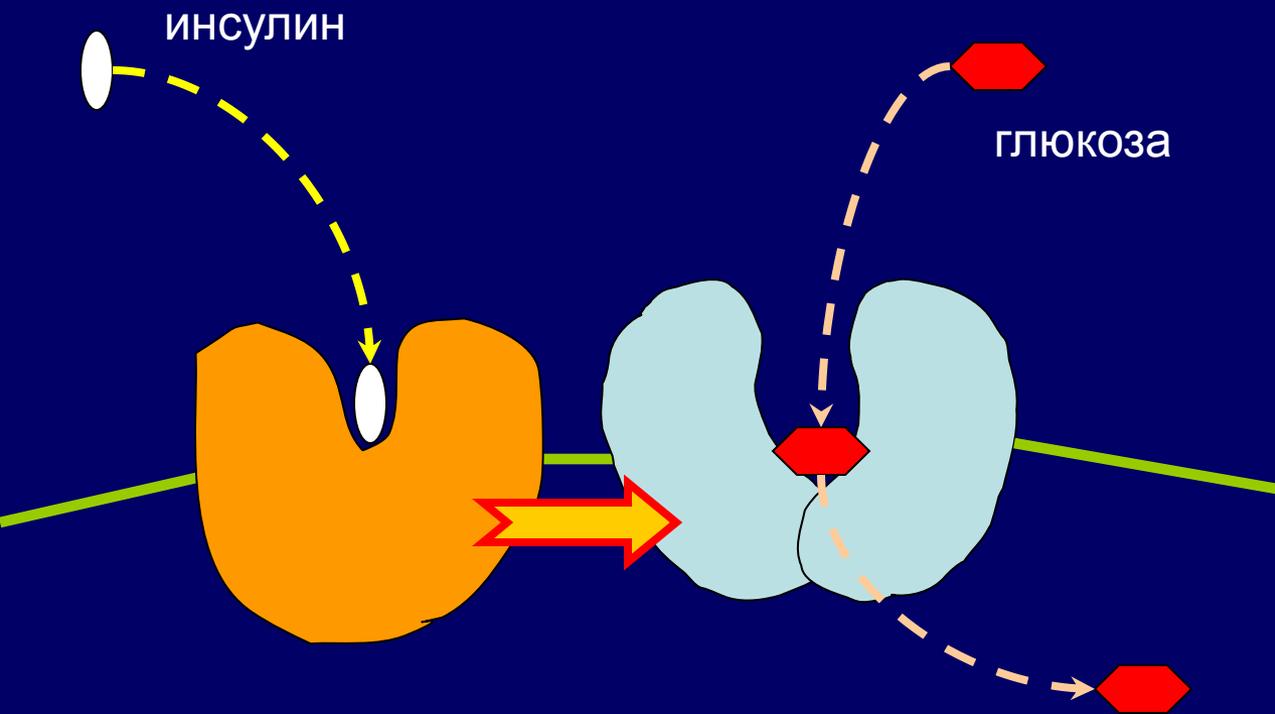


Белок-насос:

1. «Чаша» белка встроена в мембрану клетки и открыта, например, в сторону внешней среды; происходит присоединение лиганда.

2. Изменение пространственной конфигурации белка-насоса (как правило, требует затрат энергии АТФ; перенос лиганда не зависит от разности концентраций).

3. Белок-насос открывается в сторону цитоплазмы, высвобождая лиганд; затем – возвращение белка-насоса в исходную конфигурацию.



Пример:
действие гормонов
и медиаторов.
Так, инсулин, выделяемый поджелудочной железой, активирует работу насосов, транспортирующих внутрь клетки глюкозу.

Белки-рецепторы:

Встроены в мембрану клетки и выполняют информационную функцию. Лиганд в этом случае – сигнал об определенном событии во внешней (межклеточной) среде.

После присоединения лиганда рецептор запускает реакцию клетки, влияя на ферменты, насосы, ионные каналы и т.п.

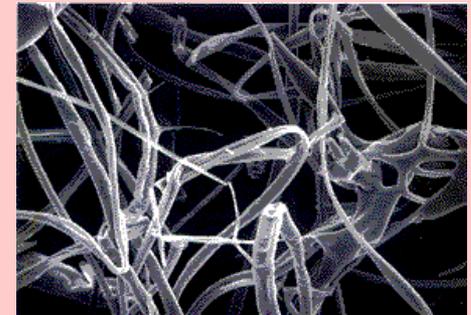
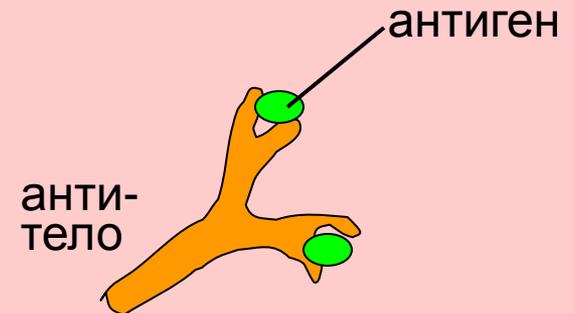
Другие типы белков:

защитные белки (белки-антитела; захватывают лиганды-антигены – вредные чужеродные вещества)

двигательные белки (актин и миозин; за счет их взаимодействия происходит сокращение мышечных клеток)

строительные белки (коллаген – белок межклеточного вещества соединительной ткани; кератин – волосы и ногти)

запасающие белки (казеины молока, глютен пшеницы и др.)



сеть молекул
коллагена



Нуклеиновые кислоты (ДНК и РНК).

ДНК несет генетическую информацию и передает ее потомству.

Передача потомству = репликация ДНК (размножение на молекулярном уровне).

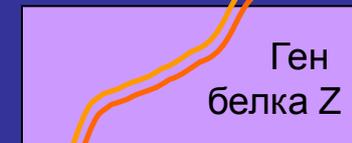
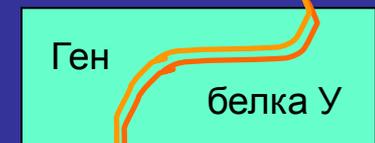
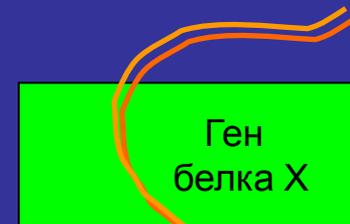
Генетическая информация = информация о первичной структуре белков.

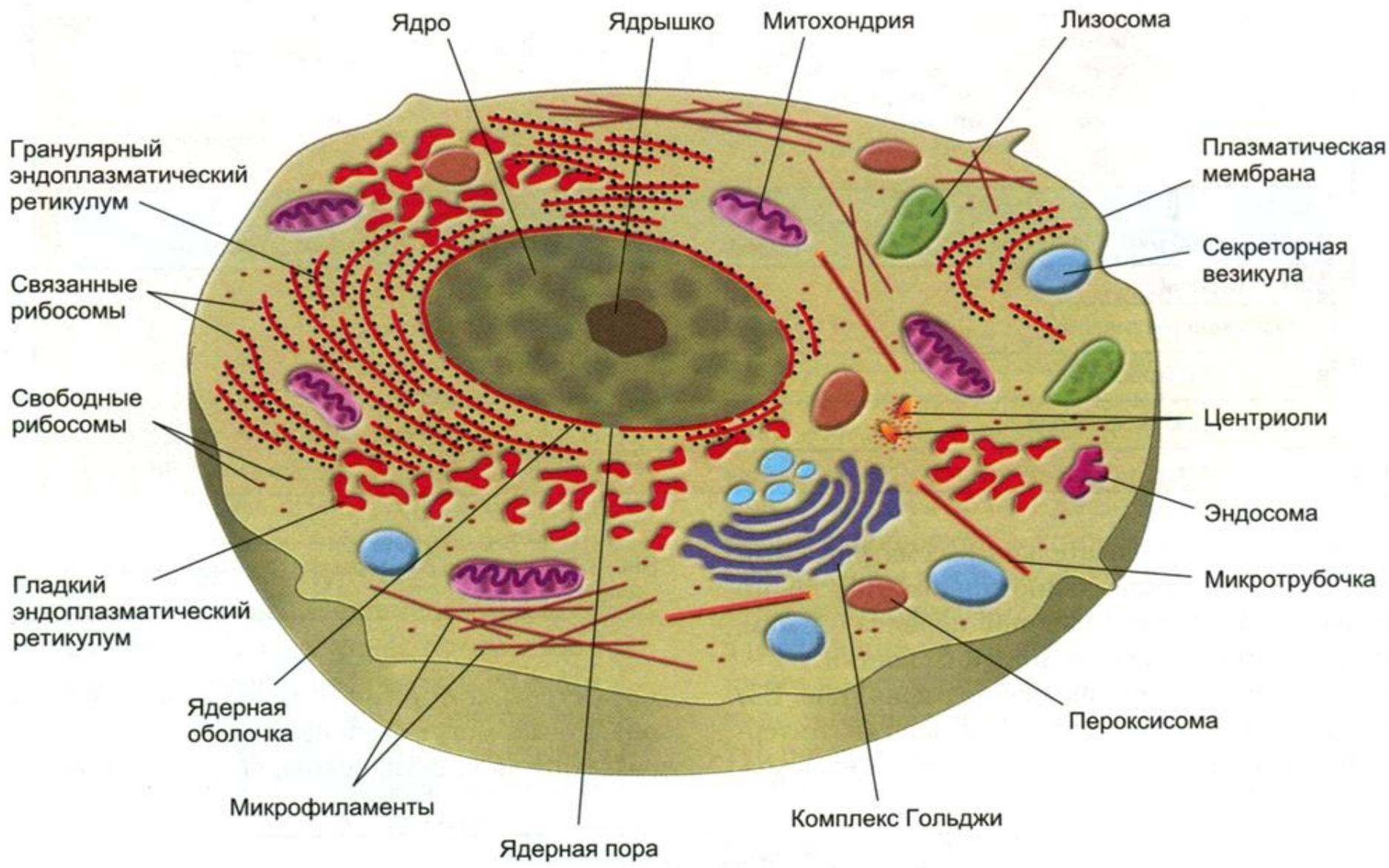
Ген – фрагмент молекулы ДНК, несущий информацию о структуре определенного белка. Всего ДНК человека (23 молекулы) содержит около 30 тыс. генов. Каждая молекула ДНК (хромосома) в обычных клетках присутствует в двух экземплярах: отцовском и материнском.

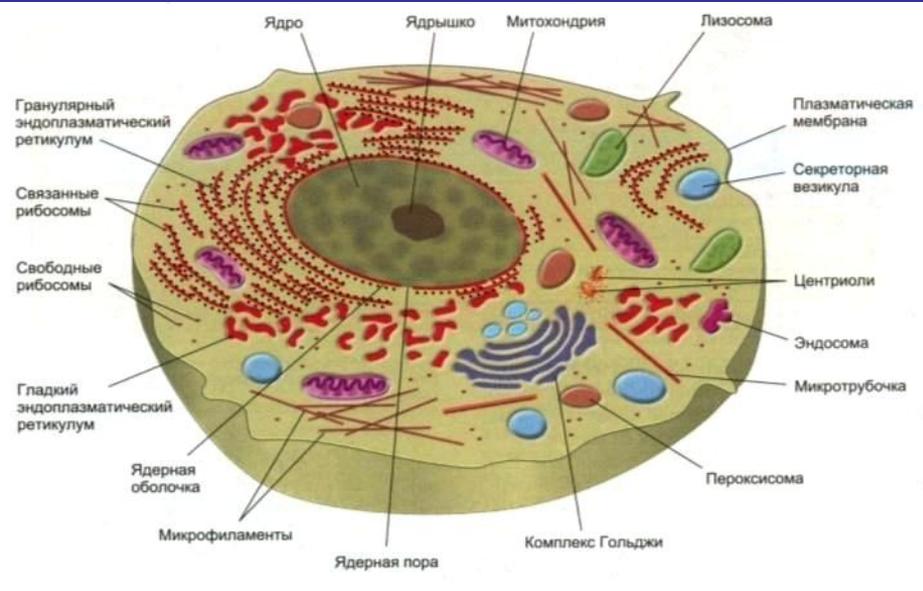
РНК выполняет вспомогательную функцию, обеспечивая превращение генетической информации в конкретные белки (и-РНК – связующее звено между ДНК и рибосомами).



Каждая молекула ДНК содержит большое число генов







Внутреннее строение клеток.

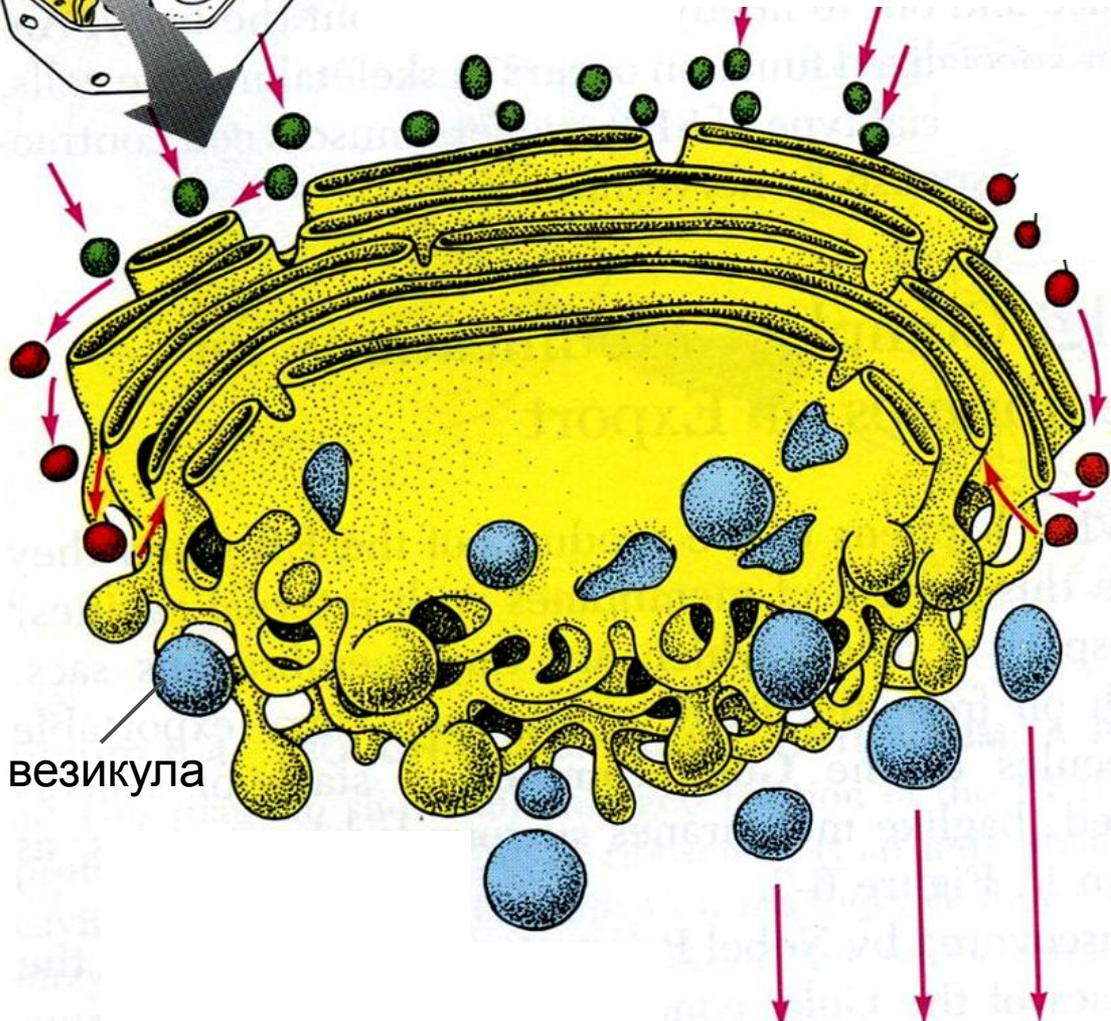
1. Клеточная мембрана: два слоя липидов + встроенные белки (каналы, насосы, ферменты, рецепторы и др.)

2. Ядро: место хранения и репликации ДНК, образования РНК. и-РНК (копия того или иного гена), выходя из ядра, вступает в контакт с рибосомами, управляя сборкой соответствующ. белка.

3. Рибосомы: комплекс РНК и белков-ферментов; здесь идет синтез белка по «инструкции» и-РНК; в нейронах очень много рибосом (признак чрезвычайно активного обмена веществ).

4. Эндоплазматическая сеть (ретикулум): ЭПС – система тонких разветвленных мембранных каналов, пронизывающая всю цитоплазму; транспортная функция.

Транспорт веществ к комплексу Гольджи по цитоплазме и каналам ЭПС



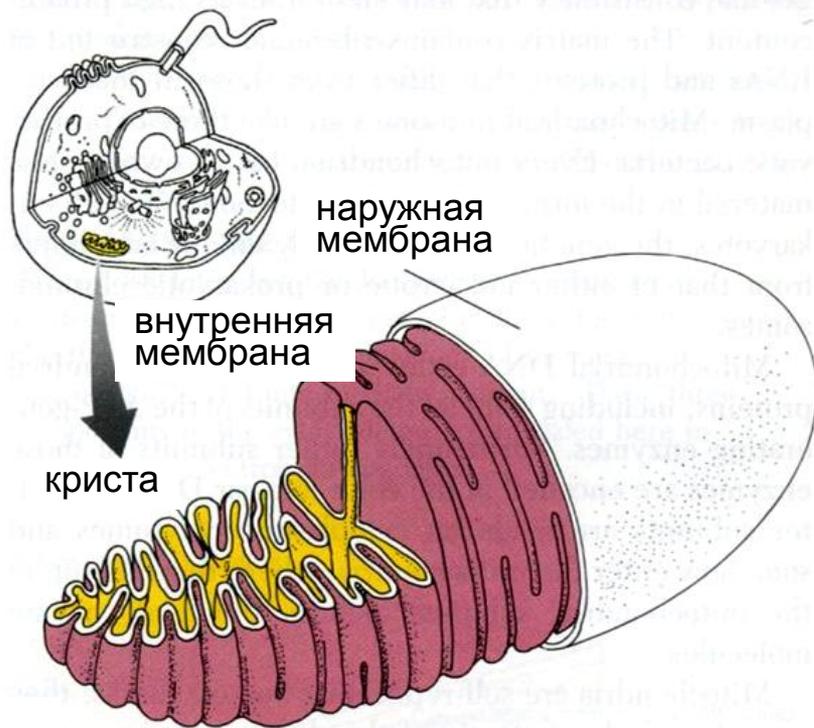
везикула

движение пузырьков-везикул к клеточной мембране (для экзоцитоза)

5. Комплекс Гольджи: система плоских мембранных цистерн; здесь происходит накопление веществ и их упаковка в пузырьки-везикулы («почкование» везикул).

Далее везикулы направляются к клеточной мембране и сливаются с нею. В результате происходит выброс (экзоцитоз) содержимого пузырьков в межклеточную среду.

Таким путем осуществляется выделение пищеварительных ферментов, гормонов, медиаторов.



АТФ – универсальный внутриклеточный переносчик энергии; в организме человека ежедневно синтезируется и распадается более 50 кг этого вещества

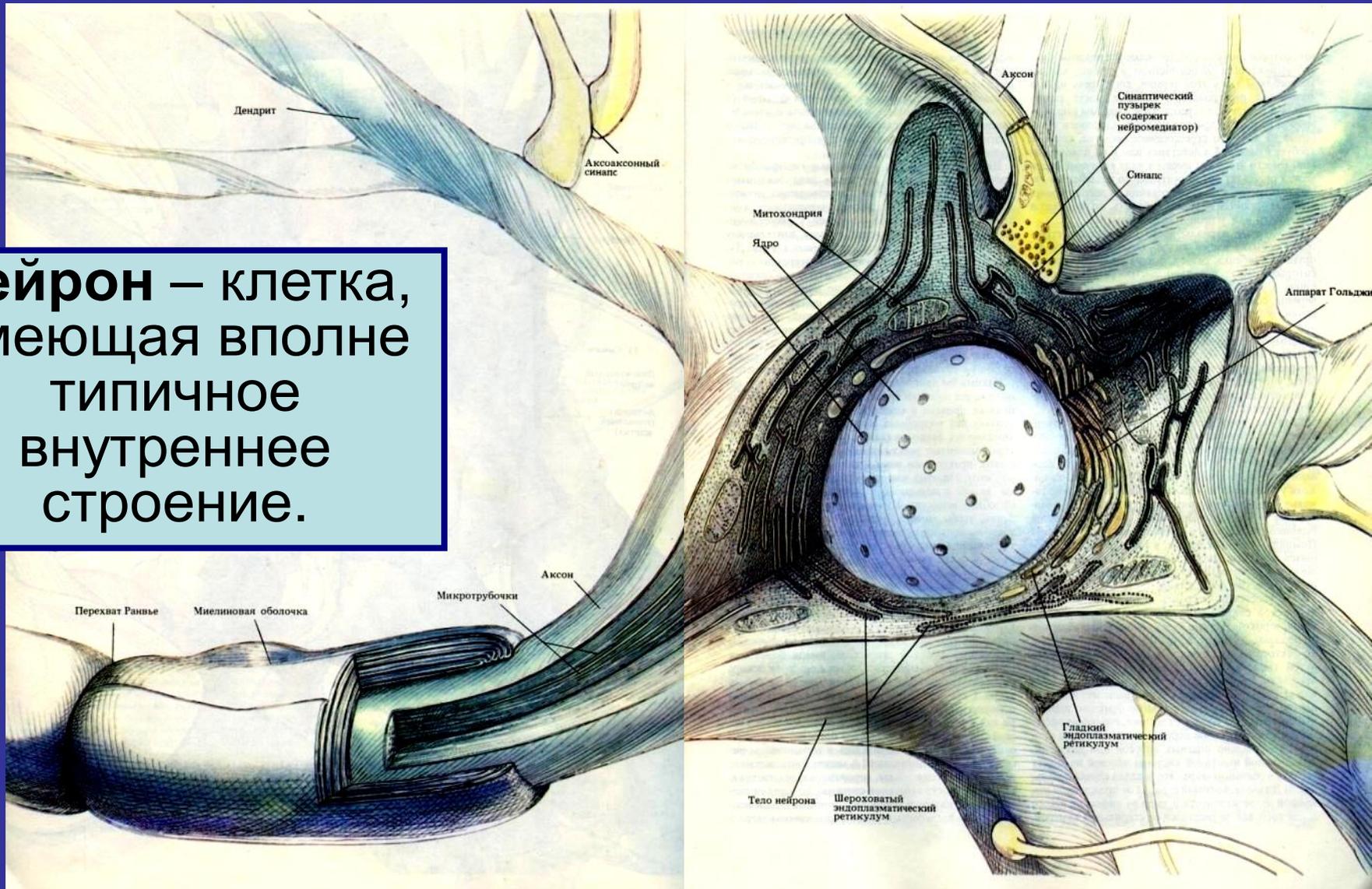
6. Митохондрии (м/х): «электростанции» клетки (в нейронах – большое кол-во м/х); здесь завершается окисление органических веществ (прежде всего, глюкозы); при этом расходуется O_2 , выделяется CO_2 и из АДФ образуется АТФ.

АТФ – аденозинтрифосфорная к-та
АДФ – аденозиндифосфорная к-та

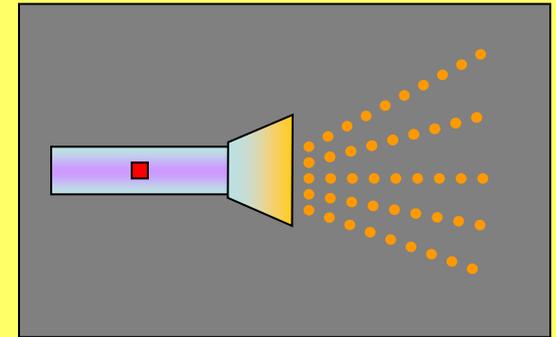
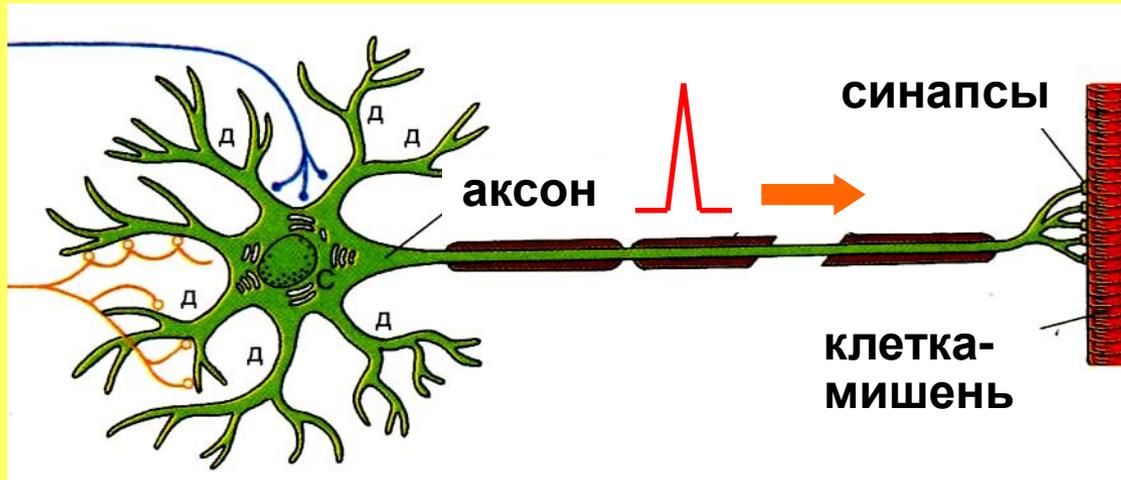
АДФ + фосфорная к-та → АТФ
 (реакция запасания энергии; ею управляют особые дыхательные ферменты, расположенные на складках-кристах внутренней мембраны м/х)

АТФ → АДФ + фосфорная к-та
 (реакция выделения энергии; идет в любой части клетки, где необходимо «привести в действие» белки-насосы, ферменты и т.п.)

Нейрон – клетка, имеющая вполне типичное внутреннее строение.



Электрические свойства нейронов. Потенциал покоя и потенциал действия.



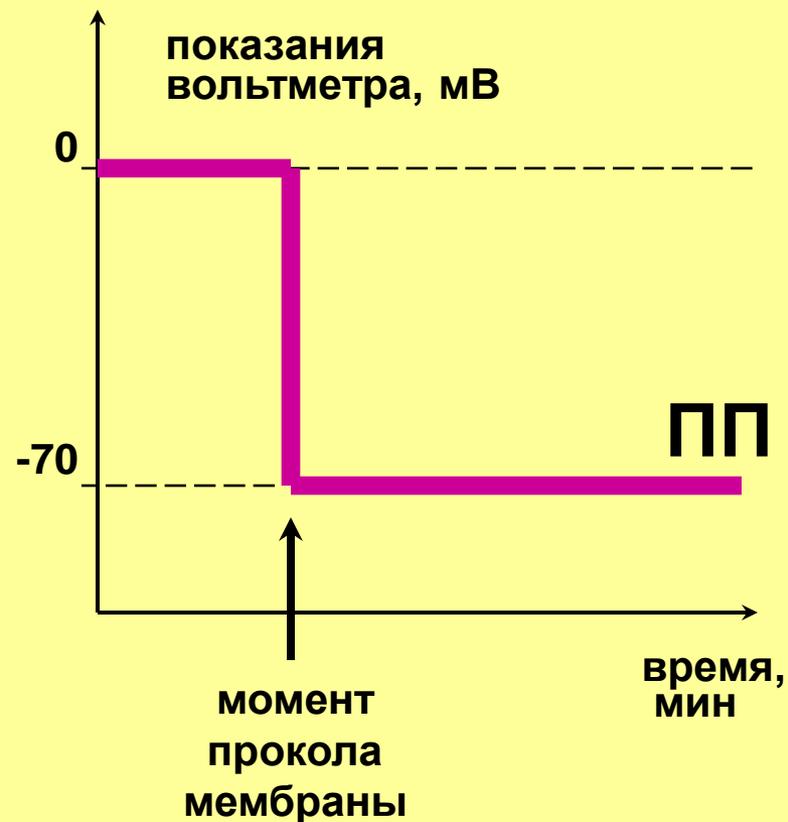
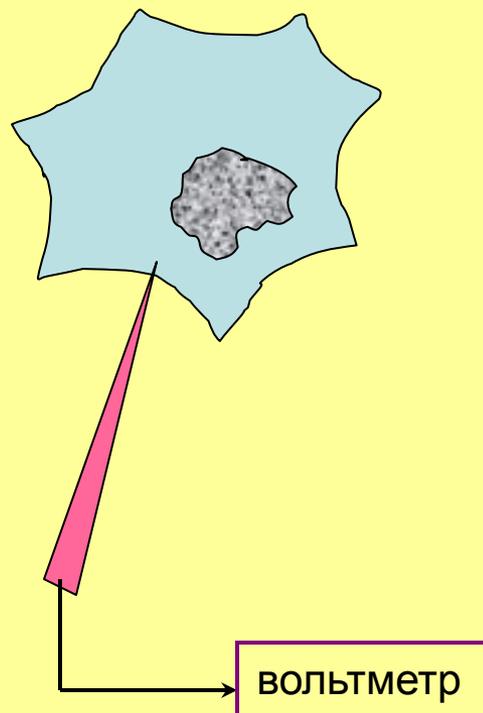
Сигнал по мембране нейрона передается в виде коротких электрических импульсов – **потенциалов действия (ПД)**. Этот процесс можно сравнить с передачей информации с помощью включения и выключения фонарика (ПД = «вспышка света»).

Но для того, чтобы фонарик работал, нужна батарейка – источник электрической энергии. В случае нейрона таким источником служит постоянный внутриклеточный заряд – **потенциал покоя (ПП)**.

Потенциал покоя (ПП) нейрона – его постоянный отрицательный заряд, равный в среднем -70 мВ.

Измерить ПП можно с помощью тончайшей, особым образом вытянутой стеклянной трубочки-микроэлектрода. Его кончик имеет диаметр < 1 мкм, что позволяет практически без повреждения проткнуть мембрану клетки.

Микроэлектрод (в т.ч. канал внутри кончика) заполнен раствором соли, проводящим эл. ток. Это позволяет сравнить заряд цитоплазмы нейрона с зарядом межклеточной среды).

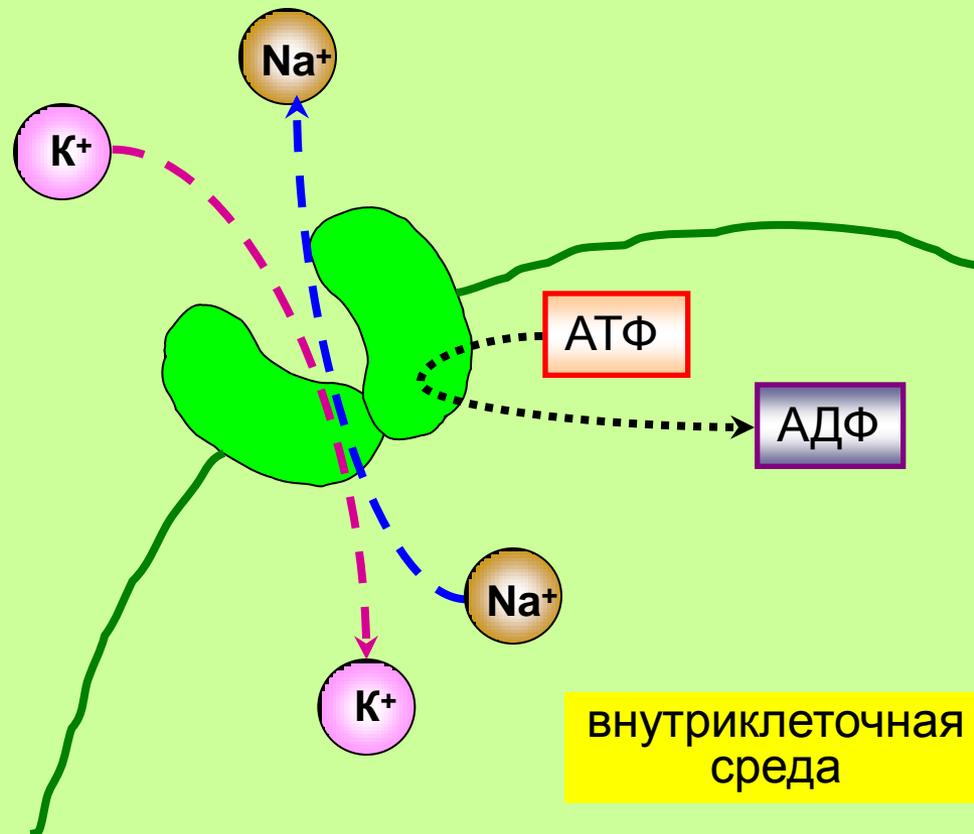


Наличие **ПП** – результат жизнедеятельности нейрона, совместного функционирования всех биополимеров и органоидов клетки; *погибший нейрон быстро теряет ПП.*

Первопричина ПП – разность концентраций ионов K^+ и Na^+ внутри и снаружи нейрона. Эту разность создает работа особого белка-насоса **Na^+ - K^+ -АТФазы** (Na^+ - K^+ -насоса).

межклеточная
среда

Na^+ - K^+ -АТФаза обменивает находящиеся внутри клетки ионы Na^+ на захваченные в межклеточной среде ионы K^+ , затрачивая значительное кол-во АТФ.



внутриклеточная
среда

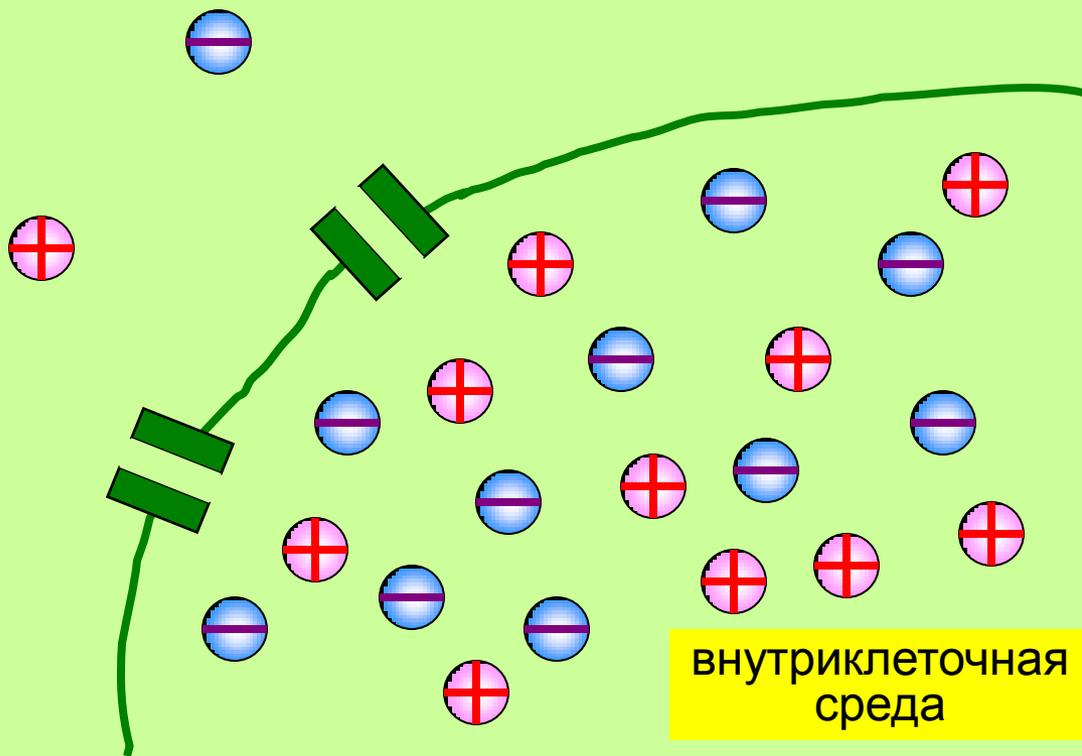
В результате работы $\text{Na}^+\text{-K}^+\text{-ATФазы}$ в нейроне оказывается примерно в 10 раз меньше Na^+ и в 30 раз больше K^+ , чем в межклеточной среде.

$$\text{K}^+_{\text{out}} : \text{K}^+_{\text{in}} = 1 : 30$$

$$\text{Na}^+_{\text{out}} : \text{Na}^+_{\text{in}} = 10 : 1$$

Несмотря на все это, до момента созревания (происходит на 2-3 месяце эмбрионального развития) нейрон не имеет заряда, и количество положительных  (прежде всего, K^+) и отрицательных  ионов в его цитоплазме примерно одинаково.

Признак созревания нейрона – появление на его мембране постоянно открытых K^+ -каналов (определяется включением соотв. гена).  В результате становится возможной диффузия K^+ из клетки.

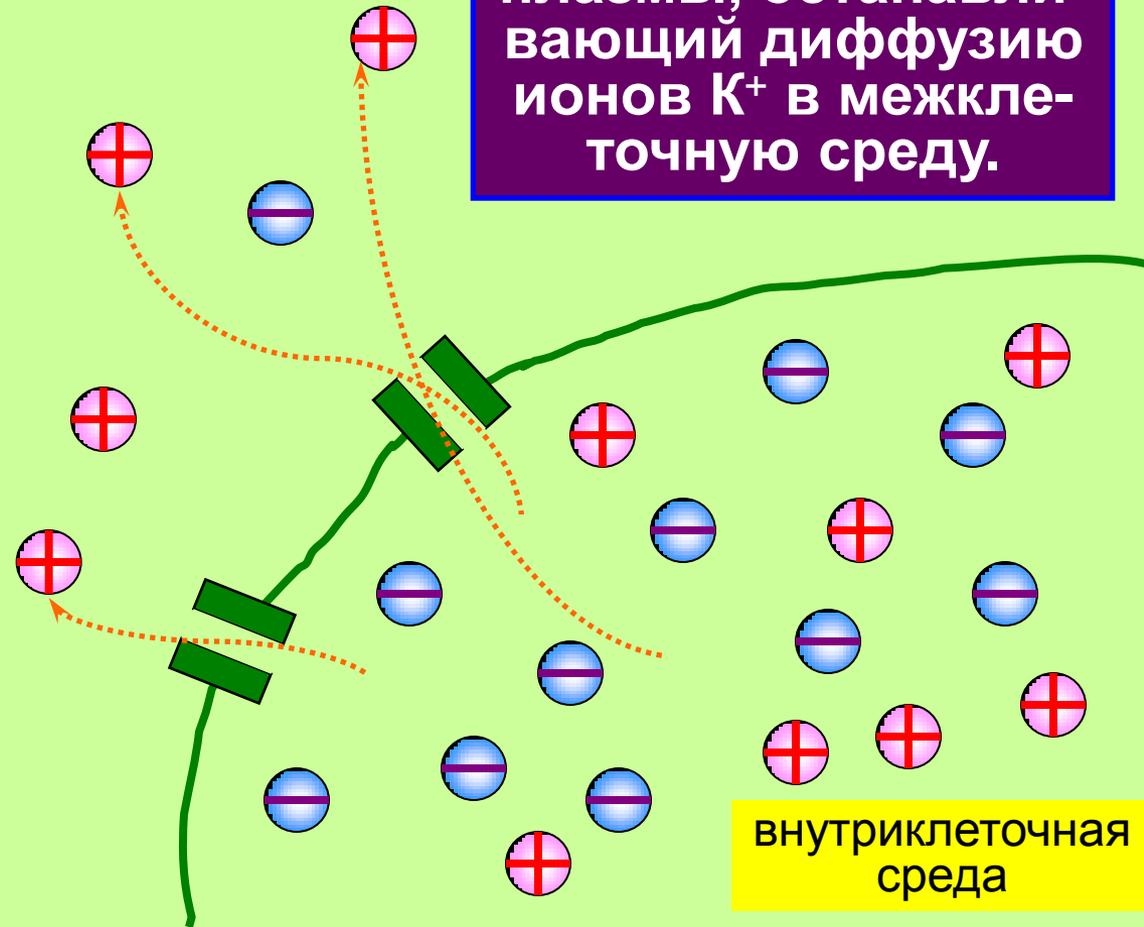


Как долго идет диффузия K^+ из нейрона?

Очевидный вариант («до выравнивания концентраций») неверен, поскольку движатся заряженные частицы, и выход K^+ сопровождается накоплением в цитоплазме отрицательного заряда.

Этот отрицательный заряд мешает диффузии и в конце концов останавливает её. Возникает состояние «**динамического равновесия**»: число ионов K^+ , покинувших клетку благодаря диффузии = числу ионов K^+ , втянутых в клетку отрицательным зарядом цитоплазмы.

ПП – это отрицательный заряд цитоплазмы, останавливающий диффузию ионов K^+ в межклеточную среду.



ВОПРОСЫ к лекции 1-2: «Химический состав живых организмов. Строение клеток».

1. Какое вещество содержится в организме человека в наибольшем количестве?
2. Какие ионы оказывают на нейроны активирующее действие, а какие – участвуют в торможении нервных клеток?
3. Приведите примеры моно- и полисахаридов. Каковы их функции в организме человека?
4. Опишите химическое строение липидов (в том числе, фосфолипидов).
5. Как устроены клеточные мембраны?
6. Опишите химическое строение аминокислоты. Сколько типов аминокислот входят в состав белков нашего организма?
7. Что такое первичная, вторичная и третичная структура белка? За счет чего происходит их образование?
8. Что из себя представляет и какую функцию выполняет активный центр белка?
9. Охарактеризуйте два типа белков-ферментов.
10. Приведите пример транспортного белка крови.
11. В чем сходство и различие белков-каналов и белков-насосов.
12. Какую функцию выполняют белки-рецепторы. Приведите пример.
13. Приведите примеры белков, выполняющих защитную, двигательную, строительную и запасующую функции.
14. Что такое ген и какую информацию он несет?
15. Какова функция и-РНК и рибосом?
16. Охарактеризуйте строение и функции эндоплазматической сети (ЭПС).
17. Как устроен и функционирует комплекс Гольджи?
18. Какие группы веществ выводятся из клетки при экзоцитозе содержимого везикул?
19. Как устроены и функционируют митохондрии?
20. Какую роль в жизнедеятельности клетки играет АТФ?

ВОПРОСЫ к лекции 1-1: «Мозг: обзор строения и функций».

1. Что такое сома нейрона? Какими могут быть ее форма и размеры?
2. Охарактеризуйте особенности строения и функции дендритов и аксонов.
3. Как называется электрический импульс, с помощью которого сигнал передается по мембране нейрона? Какова его средняя длительность?
4. Что такое синапс и какие процессы в нем происходят?
5. Какую роль играют в ЦНС медиаторы?
6. Каковы функции сенсорных нейронов, двигательных и вегетативных нейронов, вставочных нервных клеток (интернейронов)?
7. Назовите главный возбуждающий и главный тормозный медиаторы ЦНС.
8. Что Вы знаете о типах глиальных клеток? Каковы их функции?
9. Перечислите отделы спинного мозга (СМ) и число сегментов в каждом из них.
10. Какими областями («этажами») тела управляет каждый из отделов СМ?
11. Какие жизненно важные функции выполняют продолговатый мозг и мост?
12. В чем общность функций мозжечка и базальных ганглиев больших полушарий?
13. Какими типами движений управляют древняя и старая части мозжечка?
14. Какая область мозжечка связана с управлением тонкими движениями пальцев?
15. Каковы функции четверохолмия среднего мозга?
16. Какая структура среднего мозга является главным центром сна?
17. Какова функция черной субстанции – ядра, расположенного в ножках мозга.
18. К какому отделу головного мозга относятся гипофиз и эпифиз?
19. Кратко охарактеризуйте функции таламуса.
20. С реализацией каких трех видов деятельности ЦНС связан гипоталамус?
21. Чем образовано мозолистое тело больших полушарий?
22. Каковы функции древней коры больших полушарий? Где она расположена?
23. Назовите наиболее значимую структуру, входящую в состав старой коры больших полушарий. Какова главная функция этой структуры?
24. В каких долях находятся зрительная и слуховая области коры больших полушарий?
25. Центры двух сенсорных систем находятся внутри боковой (латеральной, Сильвиевой) борозды больших полушарий. Что это за системы?
26. В какой области больших полушарий расположена двигательная кора? Как она организована?
27. В какой области больших полушарий расположена сомато-сенсорная кора (болевая, кожная и мышечная чувствительность)? Как она организована?
28. Кратко охарактеризуйте функции ассоциативной теменной коры.
29. Какие потоки информации сходятся в ассоциативной лобной коре? Почему ее называют «главным центром управления поведением»?
30. Где находится и какие функции выполняет поясная извилина – третья наиболее крупная ассоциативная область коры больших полушарий?

Литература к курсу «Физиология ЦНС».

Дубынин В.А., Каменский А.А. с соавт. Регуляторные системы организма человека.

Николлс Дж. Г., Мартин А.Р. с соавт. От нейрона к мозгу. .

Годфруа Ж. Что такое психология, т. 1, т. 2 (приложение А).

