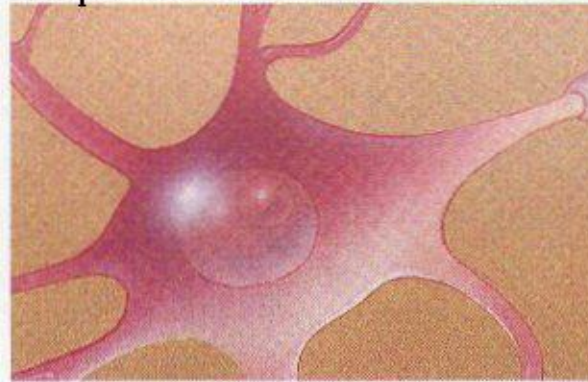


Мышечная ткань



Нервная ткань



Биоэлектрические процессы в возбудимых тканях

Проф. Н.П.Ерофеев

Ответ на раздражение - *универсальная реакция живых тканей*

- *Раздражимость* – способность организма и образующих его систем реагировать на воздействия внешней (внутренней) среды – стимулы (раздражители).
- Ответ заключается в изменениях структуры и функции ткани (клетки).

Стимулы (раздражители) разделяются по:

- Адекватности – адекватные (низкий порог, специфичность), неадекватные.
- Природе – физические (электрические, механические), химические.
- Силе – подпороговые, пороговые, сверхпороговые.



Разберем пример: почему *костная и мышечная ткани различаются по скорости реакции на травму?*

- *Может быть в клетках одной из этих тканей имеется особый структурно-функциональный элемент, который управляет скоростью ответа на стимул?*

Возбудимость – специфическая способность возбудимых тканей изменять ионную проницаемость и мембранный потенциал в ответ на адекватный стимул.

- *Возбуждение* – стандартный процесс изменения электрической проводимости цитоплазматической мембраны, генерации потенциала действия (ПД), распространении ПД и специфического ответа ткани на раздражения.

Возбуждение возникает **ИСКЛЮЧИТЕЛЬНО**
на мембране возбудимых клеток.

**Возбуждение вызывает 2 вида изменений
функции клеток возбудимых тканей:**

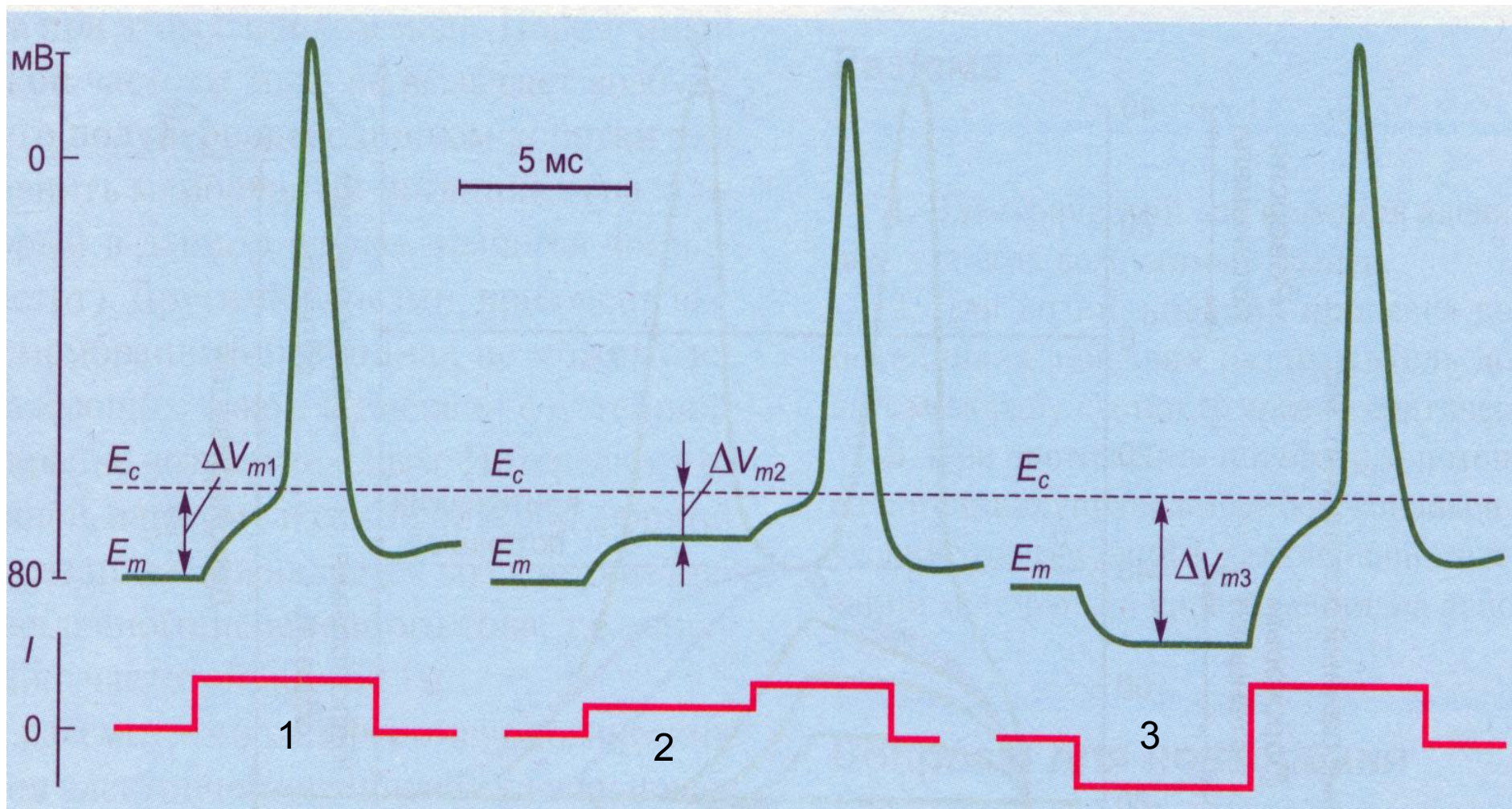
Неспецифические (общие для всех возбудимых тканей)
стандартные реакции мембраны : *изменение ионной
проницаемости и величины потенциала мембраны.*

Специфические (частные реакции), которые свойственны только
отдельным тканям (возбудимым) : *возбуждение мембраны
миоцитов приводит к сокращению, возбуждение мембраны нейрона
вызывает его проведение по аксонам.*

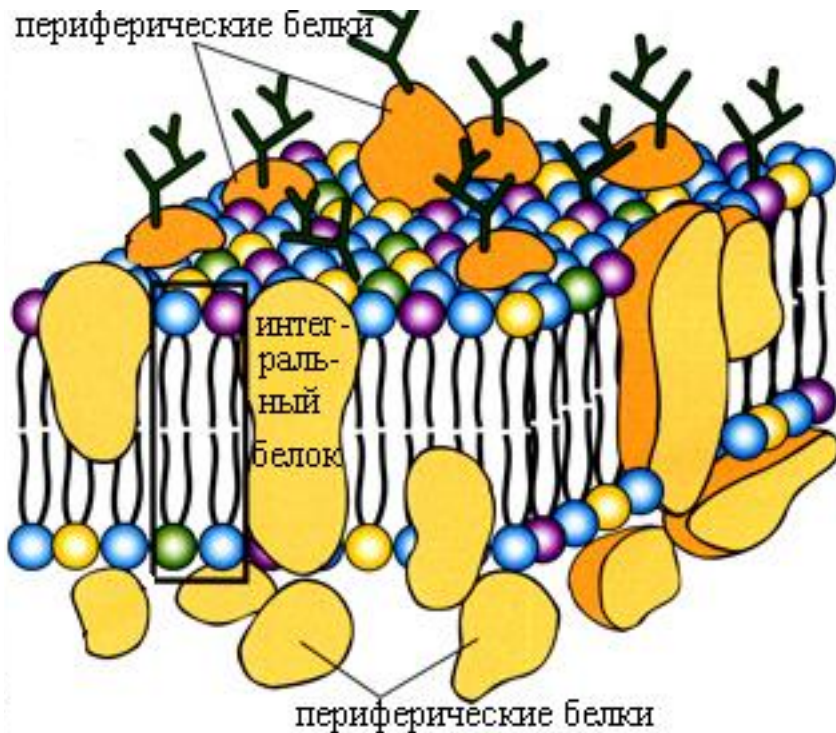
Нервная и мышечная ткани являются возбудимыми

- *Порог* стимула – мера оценки возбудимости ткани.
- *Запомните!* чем меньше порог раздражителя, тем более возбудима ткань. Нервная ткань обладает большей возбудимостью чем мышечная.

Соотношение между исходным уровнем потенциала мембраны (E_m), критическим уровнем деполяризации (E_c) и пороговым потенциалом (ΔV_m) в норме (1), при деполяризации (2) и гиперполяризации (3)

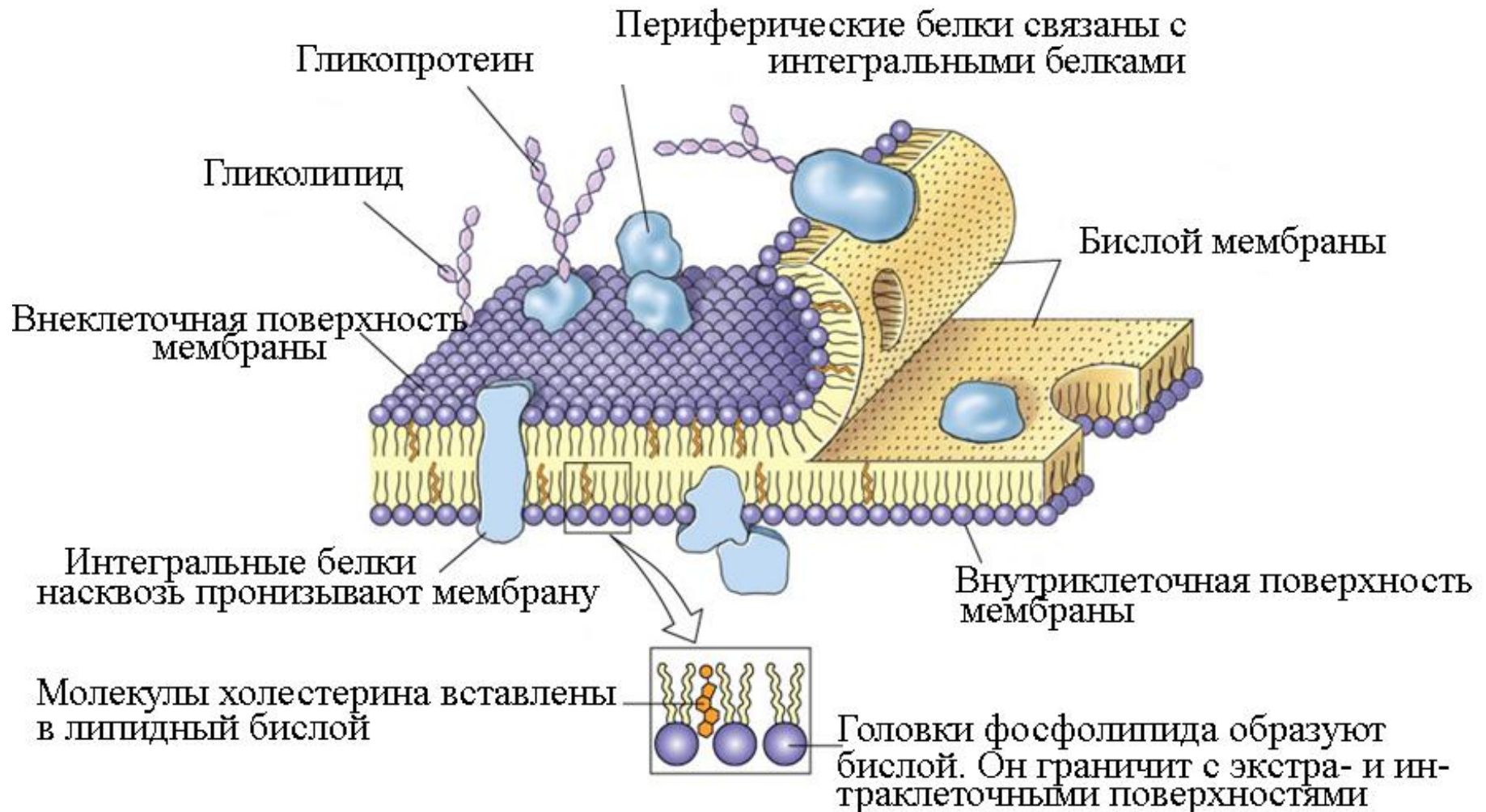


Клетки нервной и мышечной тканей имеют плазматическую мембрану, которая является легковозбудимой структурой



Есть мембрана – есть возбуждение !

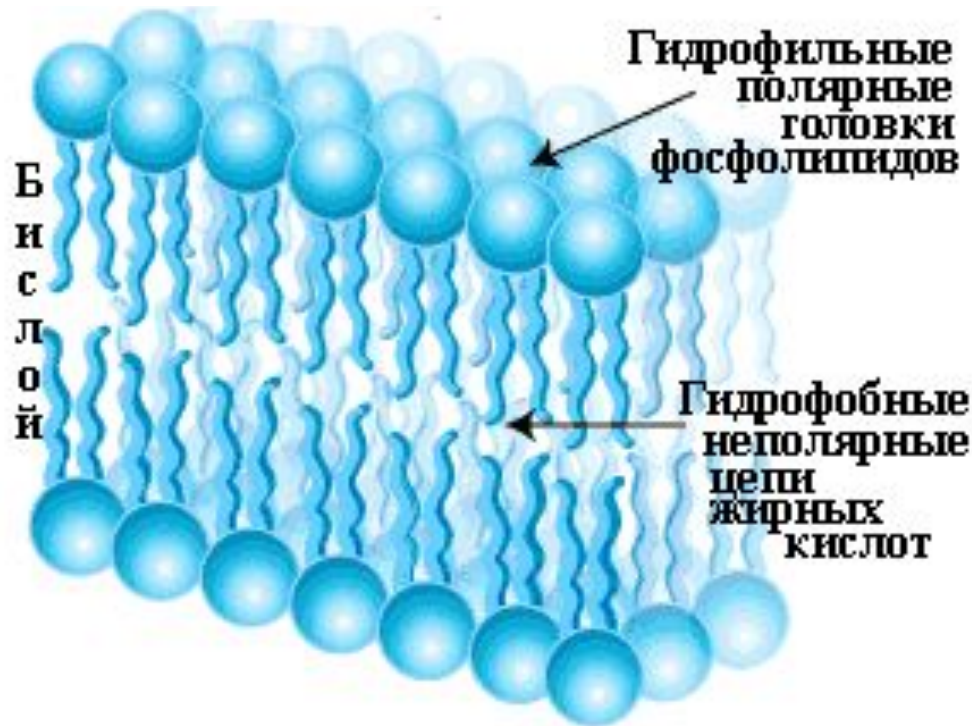
Структура мембраны возбудимых клеток определяет их биоэлектрические свойства



Липидный бислой – это основной структурообразующий компонент мембраны, каркас клеточного содержимого.

Он создает относительно непроницаемый барьер для большинства водорастворимых молекул.

Белки мембраны «растворены» в липидном бислое и определяют все функции мембраны.



Липидный бислой - это настоящая советская авоська

Функции белков мембраны

- 1. *Ионные каналы* – транспортируют вещества внутрь клетки и обратно.
- 2. Выступают как *переносчики* определенных молекул через мембрану.
- 3. Являются *ферментами* и катализируют ассоциированные с мембраной реакции.
- 4. Выполняют *адгезивную роль*, связывая цитоскелет с внеклеточным матриксом.
- 5. Служат в качестве *мембранных рецепторов* для получения и преобразования химических сигналов из внешней среды.
- 6. *Идентифицируют* вещества, вступающие в контакт с мембраной клетки.

Функции белков мембраны - схема

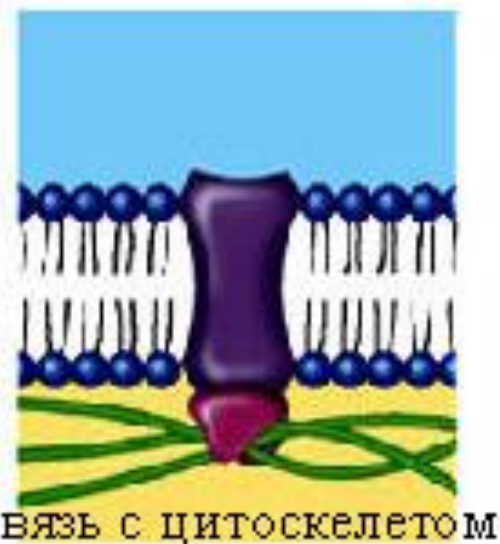
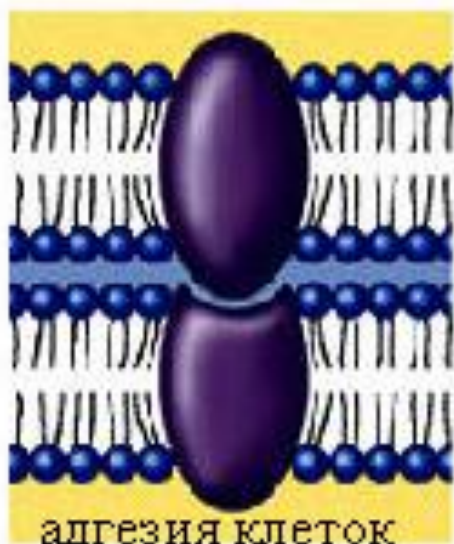
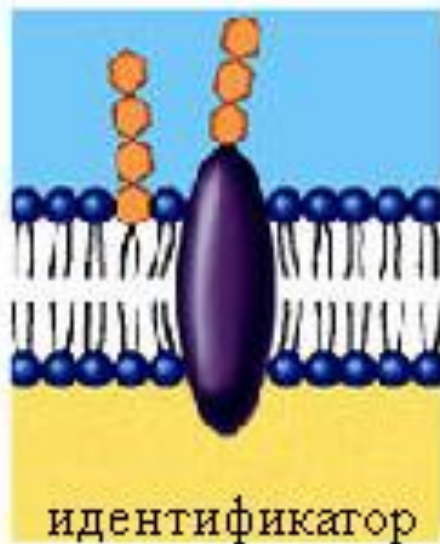
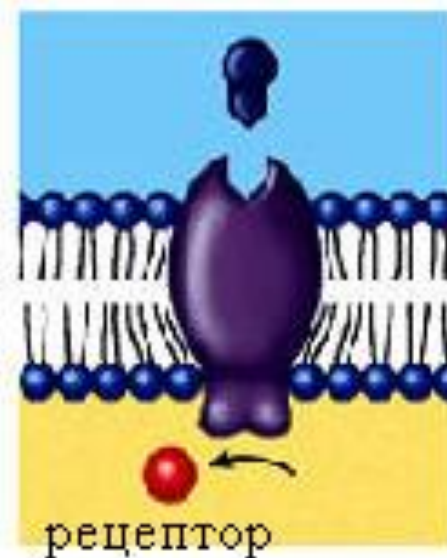
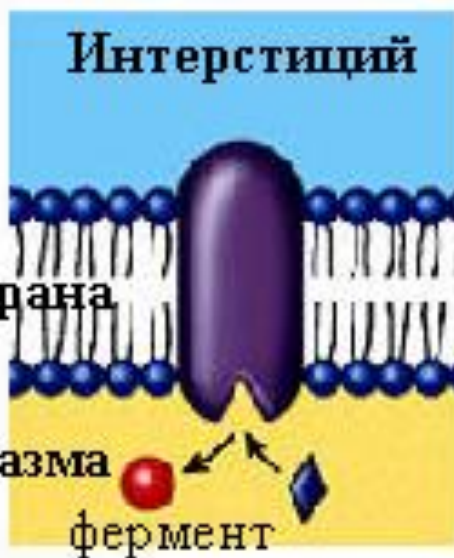
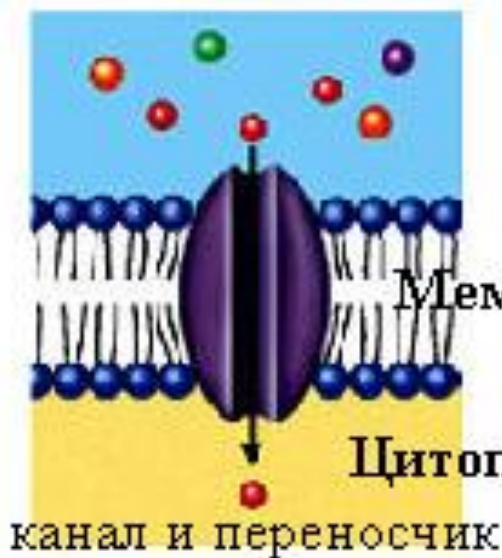
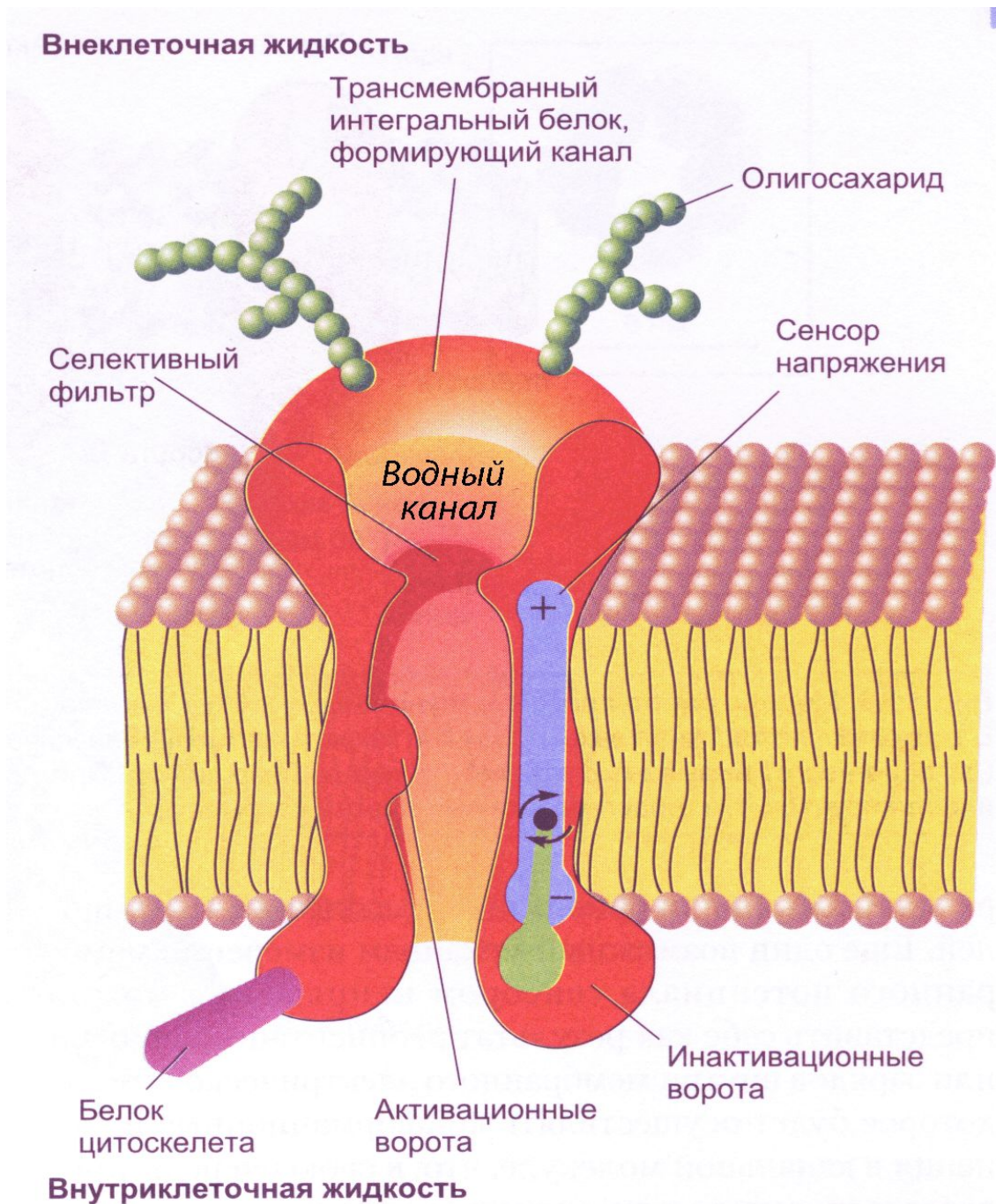
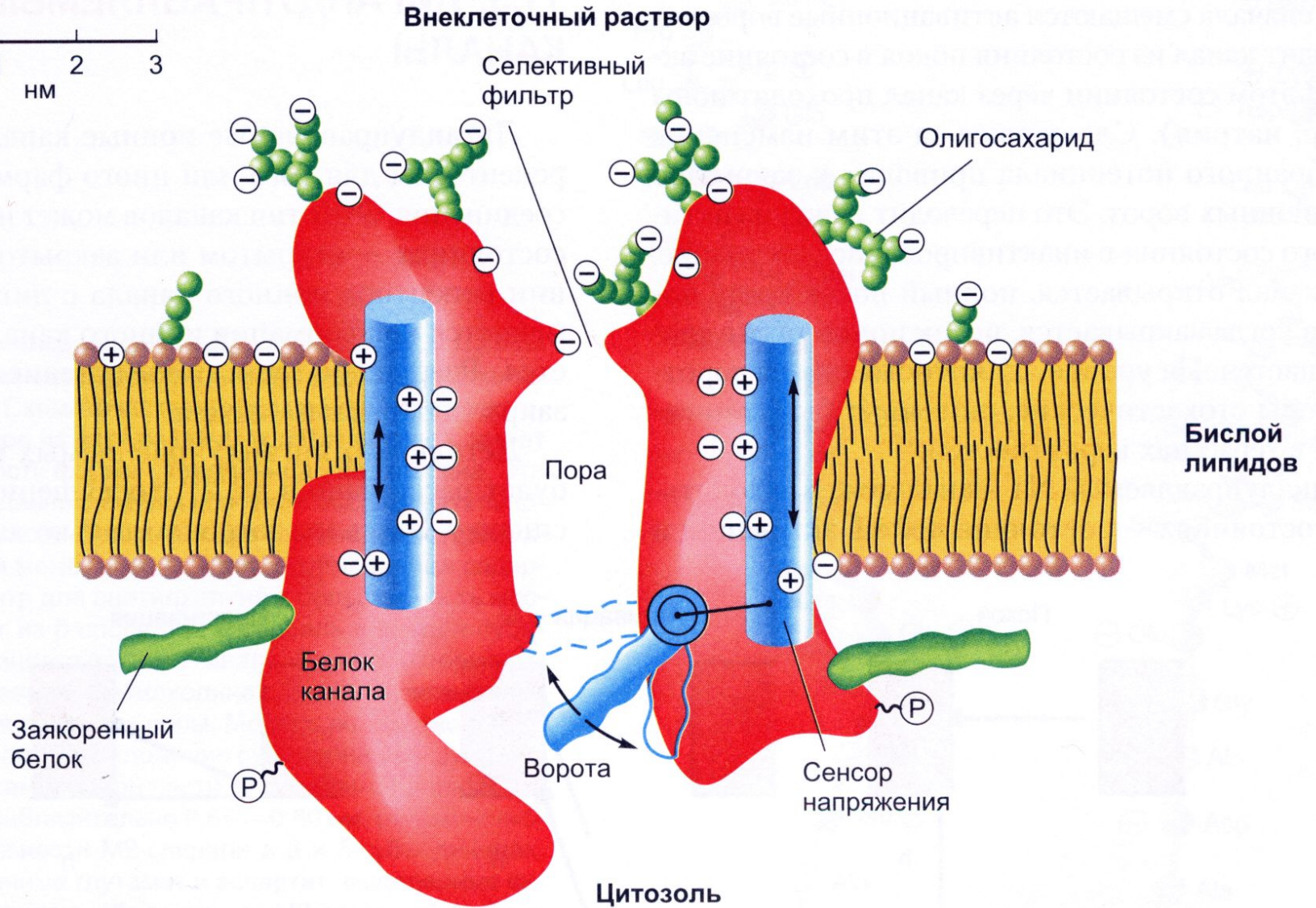
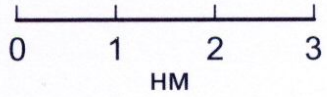


Схема ионного канала



Функция канала



Основные функции мембраны

- Образует полупроницаемый, избирательный барьер между цитоплазмой и внешней средой.
- Проницаемость мембраны управляется ее функциональным состоянием (покой или работа) и сигналами из внешней среды.
- Регулирует обмен веществ между клеткой и окружающей средой.
- Уникальный детектор и трансдуктор, приходящих стимулов.
- Соединяет между собой клетки (межклеточные контакты) и прикрепляет клетки к внеклеточному матриксу.

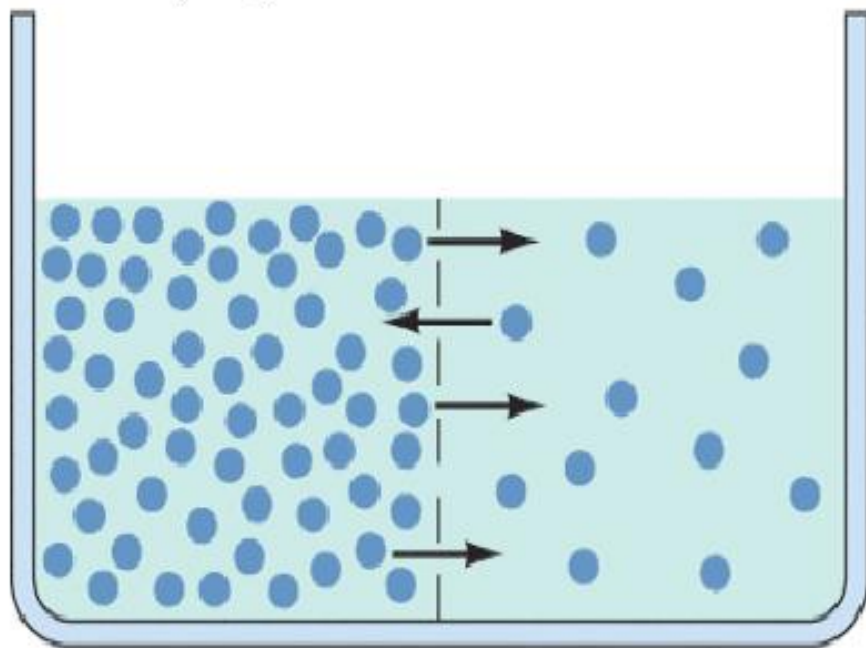
Мембрана называется полупроницаемой, потому что

- Мембрана ограничивает движение ионов какого-либо вида, т.е. одни ионы проходят через нее, а другие – нет.
- В результате этого возникает асимметрия в распределении ионов по обе стороны мембраны и (химический) градиент концентраций ионов.

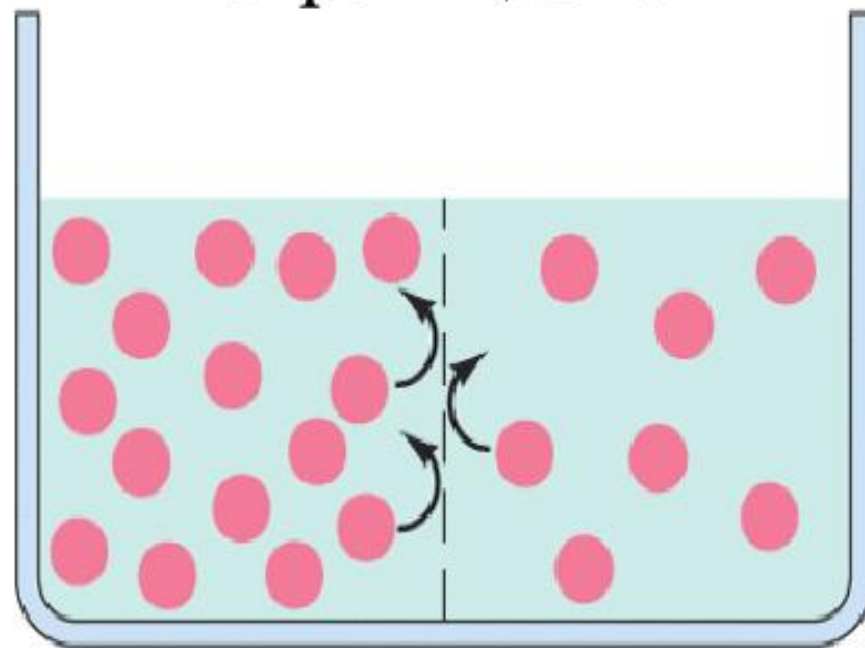
Транспорт веществ через мембрану зависит от ее проницаемости

Мембрана

полупроницаемая



непроницаемая

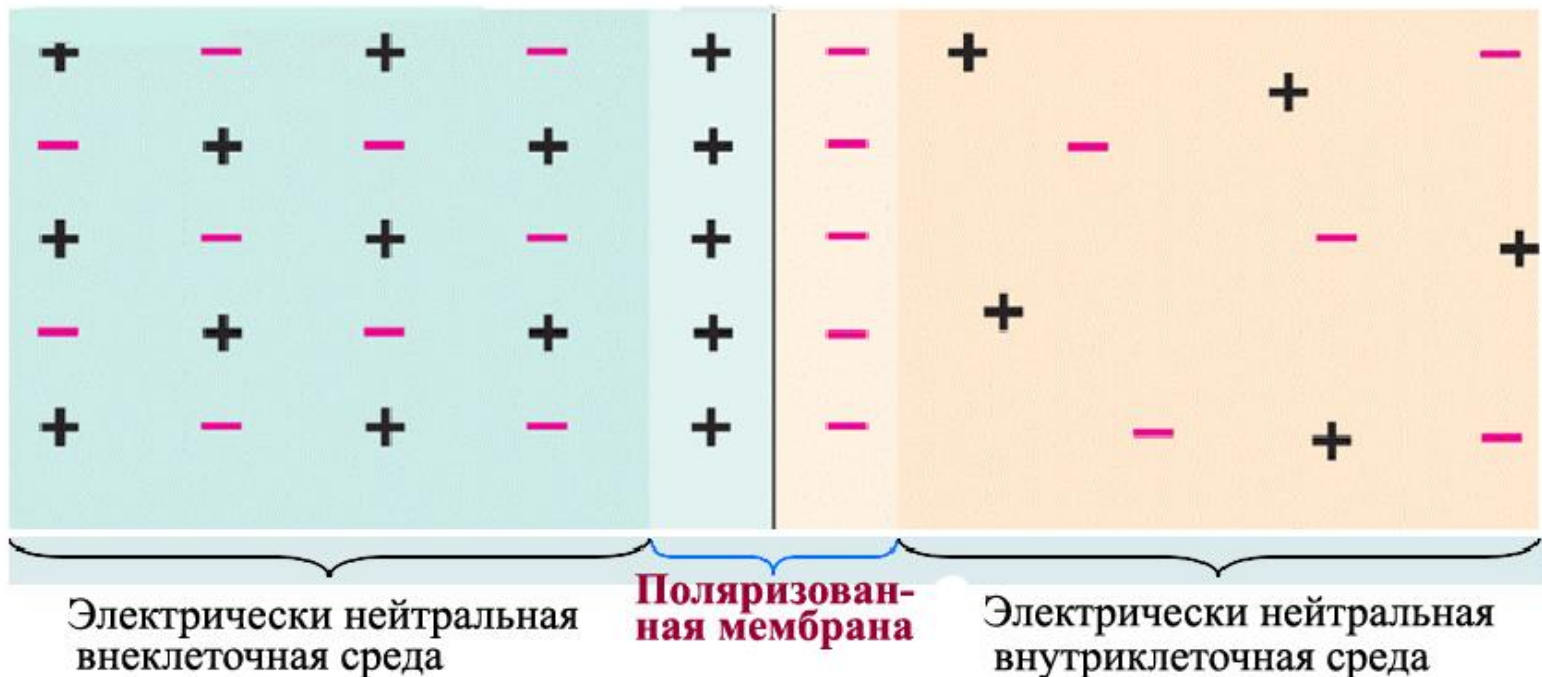




Мембрана – это частокол, окружающий некое жилище. Частокол пропустит воду, ветер, небольшие живые существа. Однако крупные животные все же способны преодолеть забор, если они могут прыгать, лазать или проходят через охраняемые ворота.

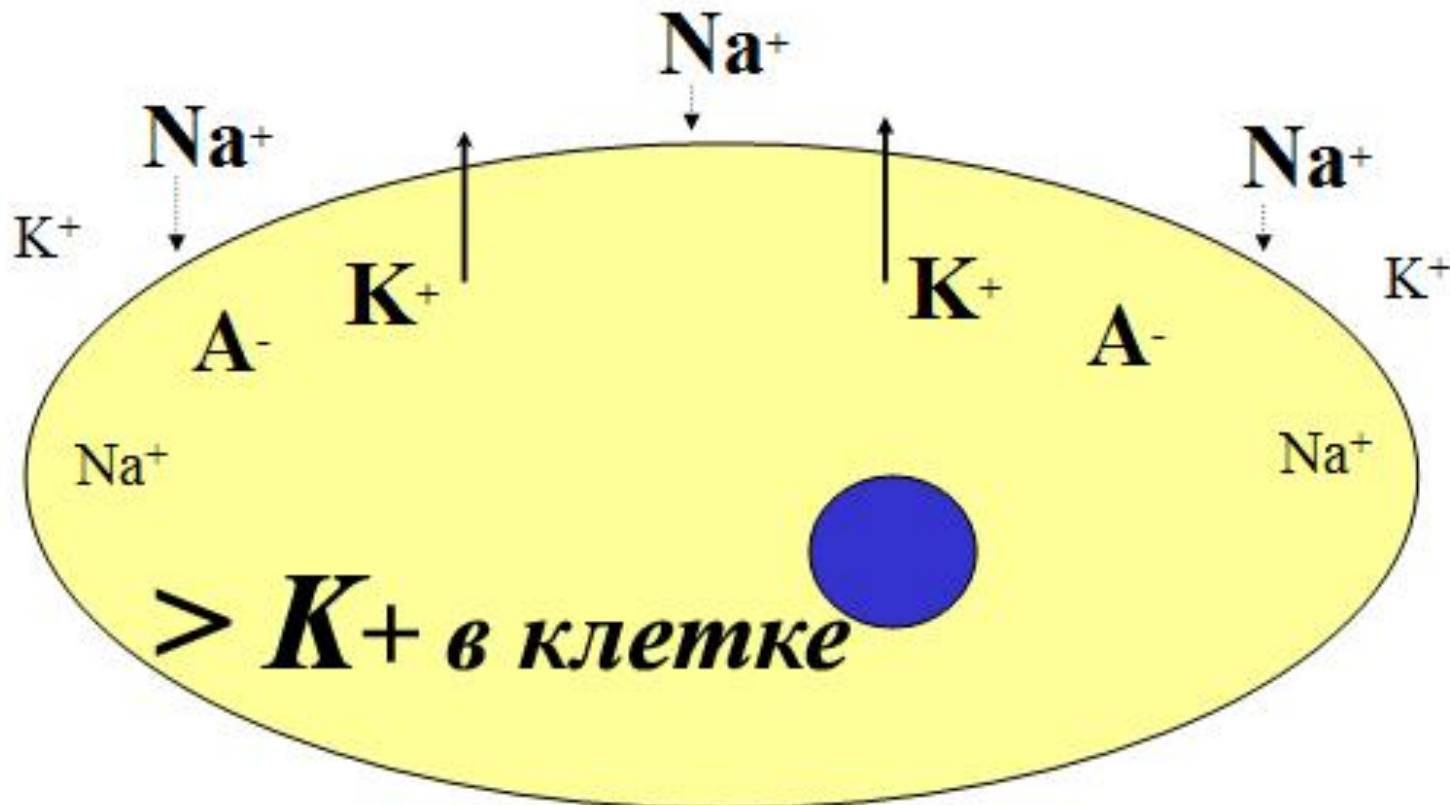
Благодаря этим свойствам мембрана создает и поддерживает

- Химическую (концентрационную) асимметрию ионов по обе стороны мембраны.
- Электрический градиент зарядов.
- Поляризацию мембраны (диполи).



Химический градиент: Натрия $>$ вне клетки. Калия $>$ внутри клетки.

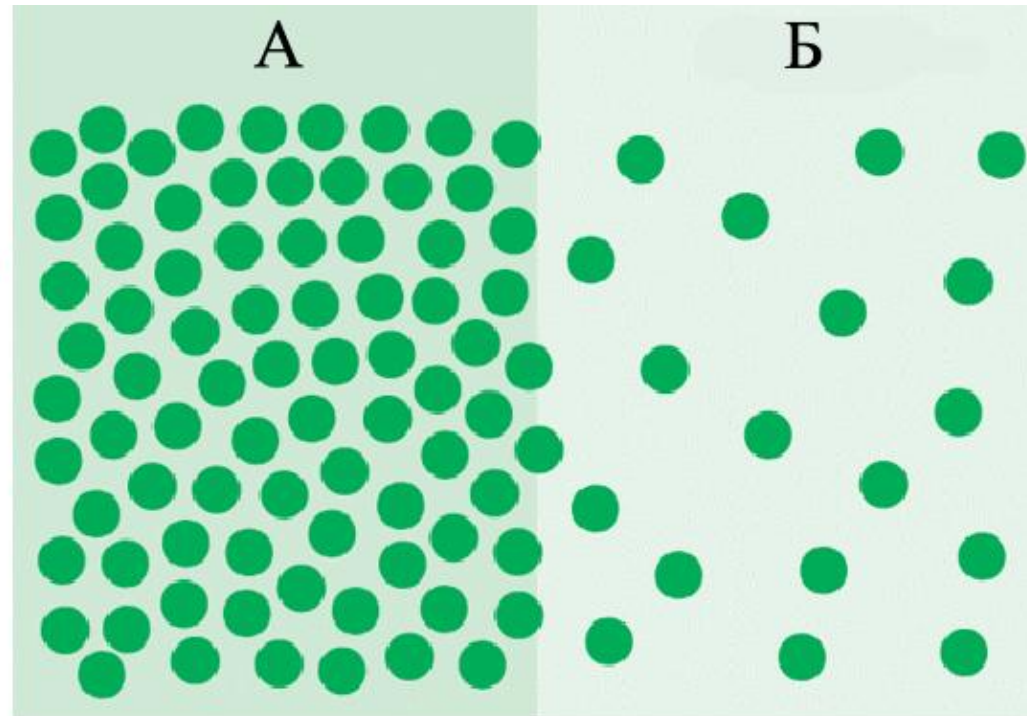
$> Na^+$ вне клетки



В покое мембрана более проницаема для ионов K^+

Концентрационный
градиент

Мембрана проницаема
для растворенного ве-
щества



→ диффузия из А в Б

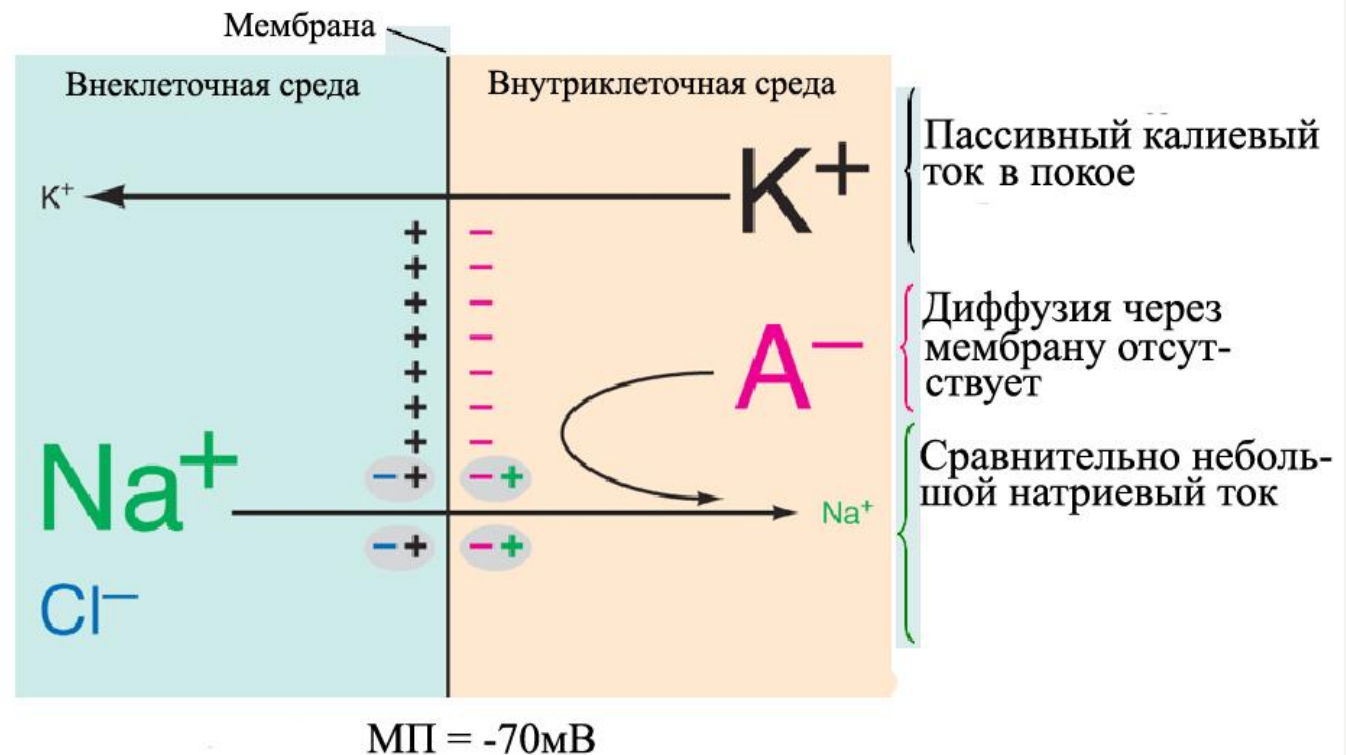
← диффузия из Б в А

→ нетто диффузия

● = растворенное вещество

Почему в покое мембрана поляризована?

- В покое K^+ по градиенту концентрации выходит из клетки – это пассивный K^+ ток.
- Мембрана свободно пропускает K^+ - селективность.



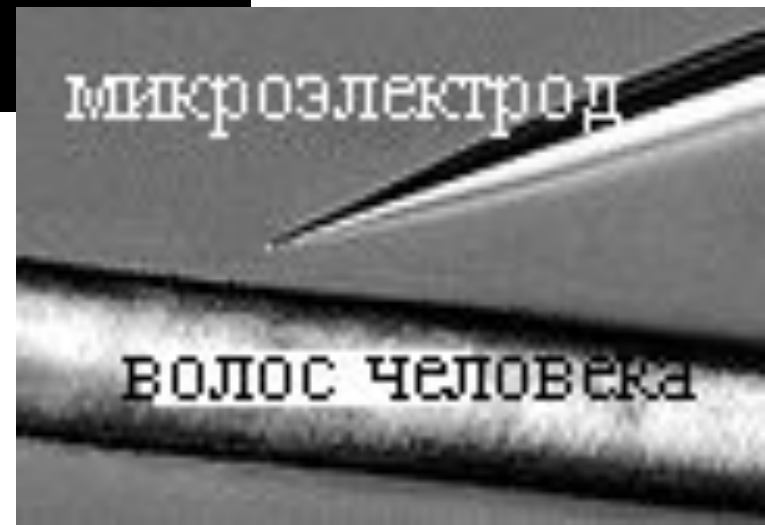
A^- = Крупные внутриклеточные белковые анионы

Возникает и поддерживается МП

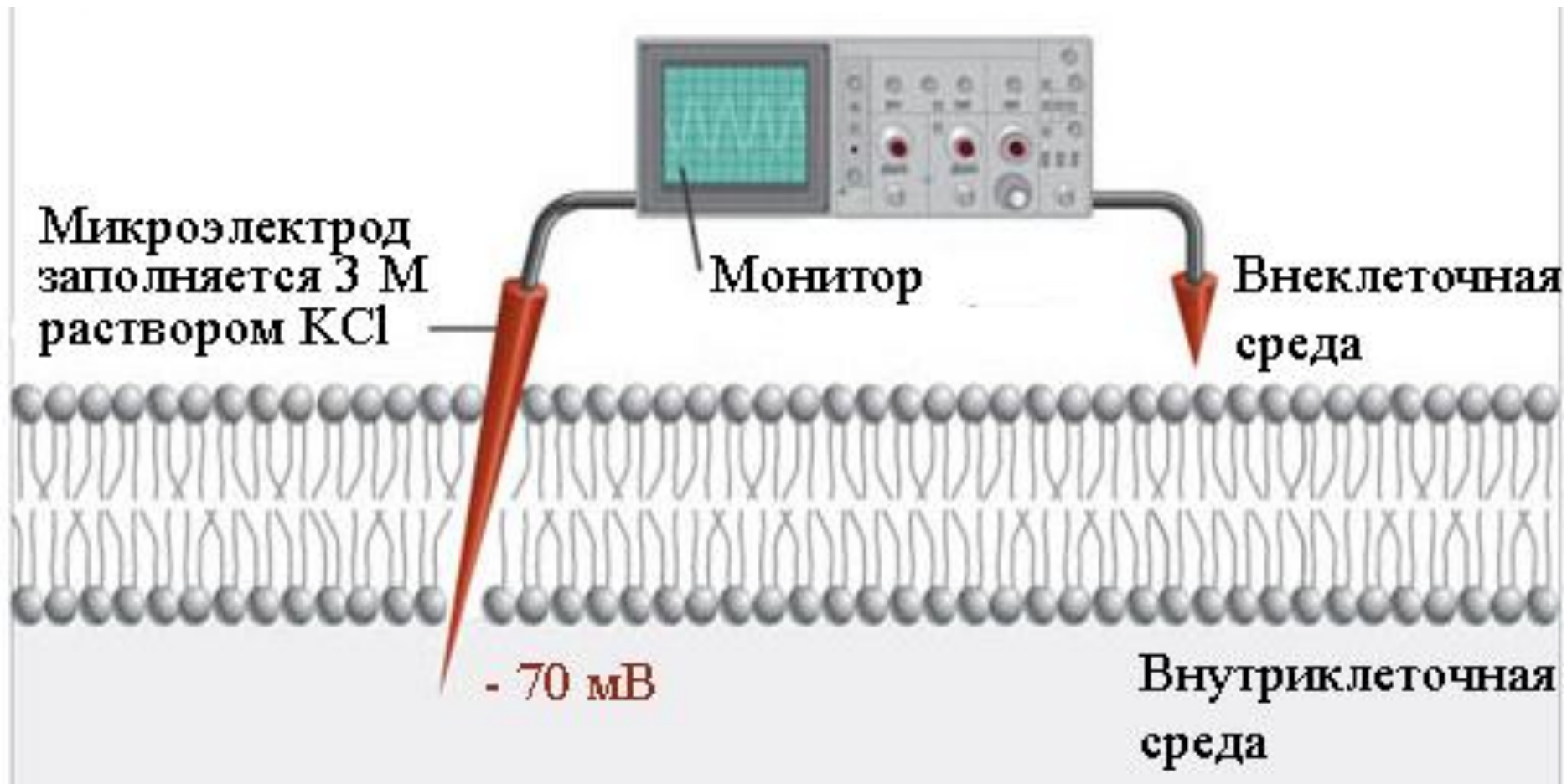
- МП = ПП = Пассивный K^+ ток.
- МП регистрируют с помощью микроэлектродной техники.



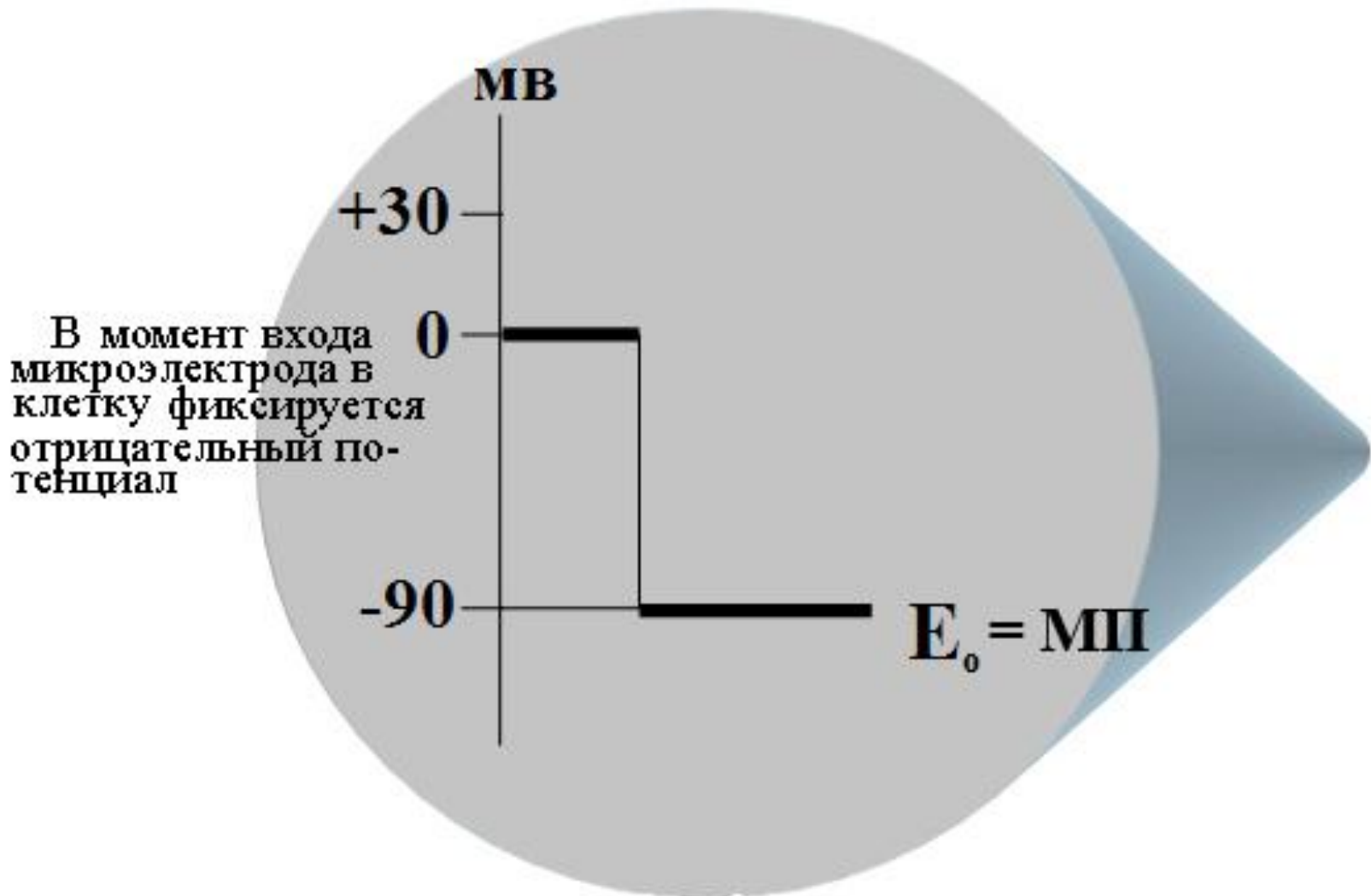
Линг и Джерард впервые так сделали микроэлектрод



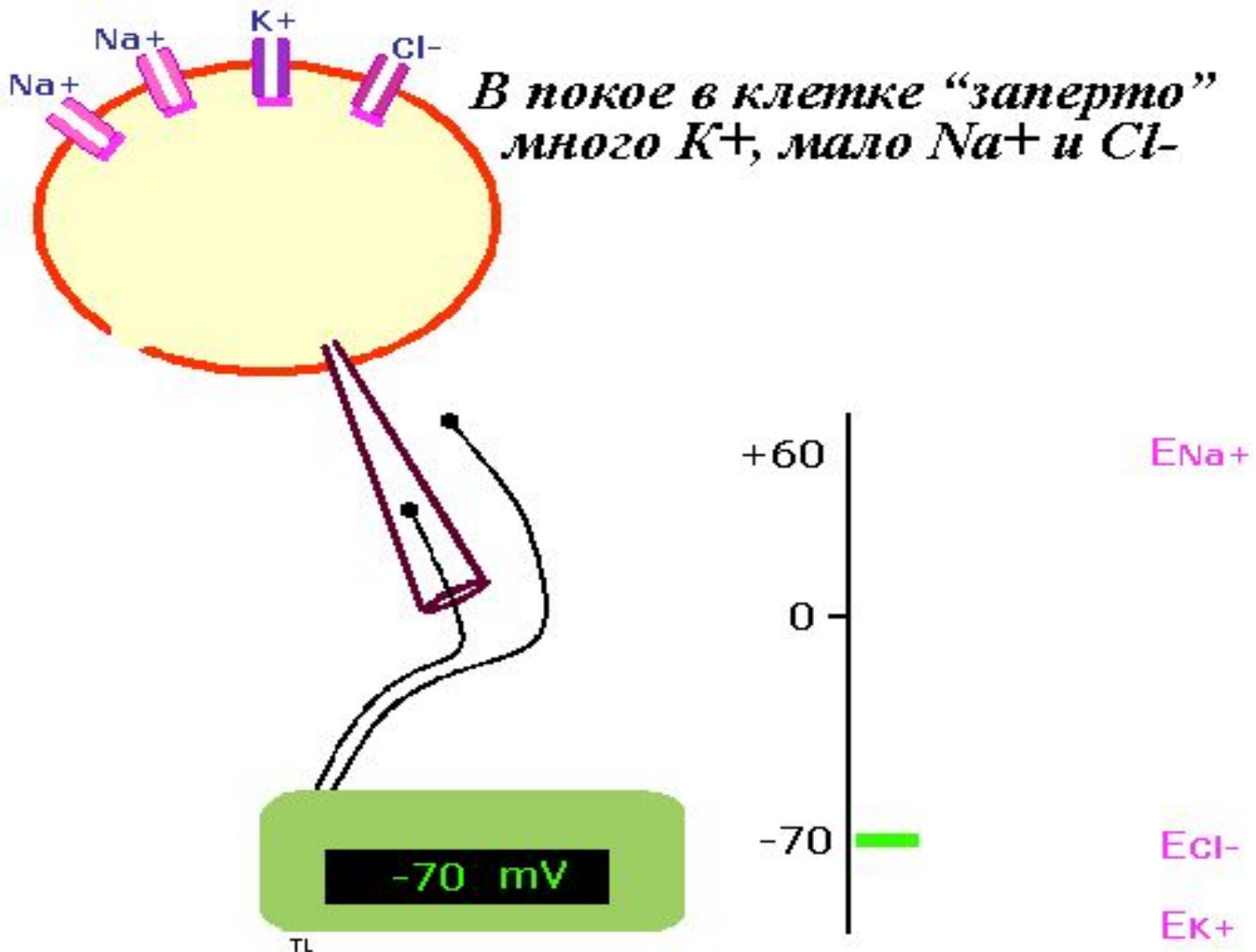
Микроэлектродная регистрация МП



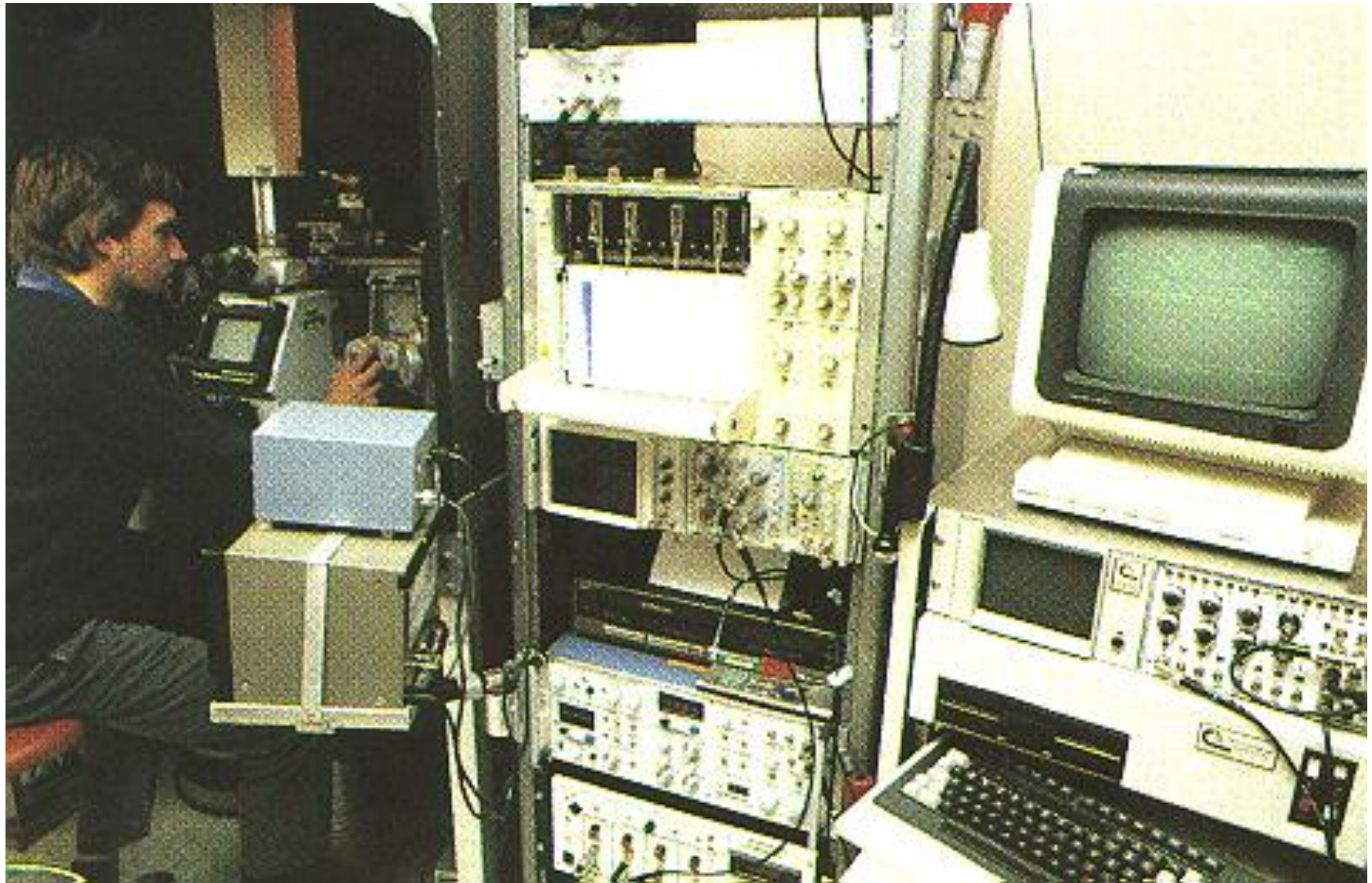
Фиксация МП



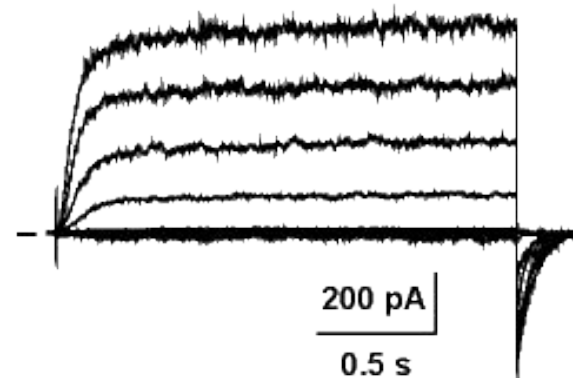
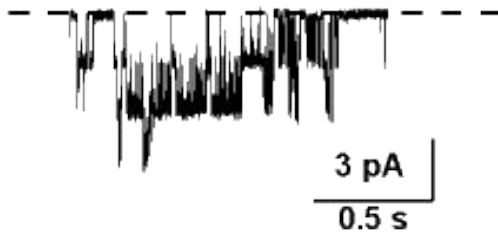
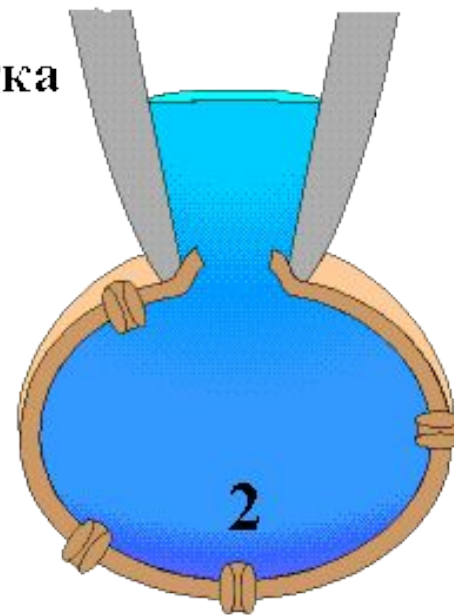
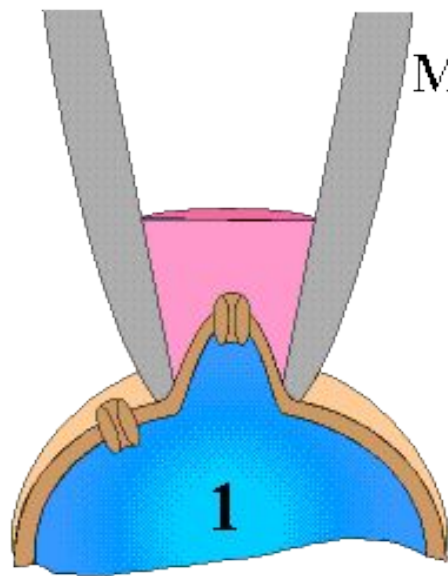
Измерение МП



Исследование мембраны с помощью микроэлектродов



Метод фиксации потенциала – patch-clamp позволяет изучать: одиночные каналы (1), целые неповрежденные клетки (2)



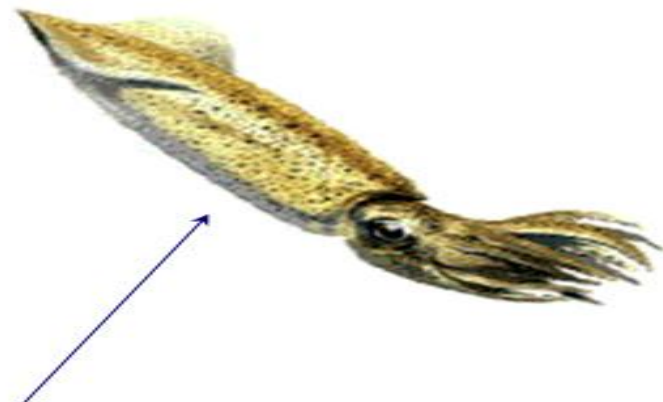
А.Ходжкин, Э.Хаксли и кальмар



Алан Ходжкин

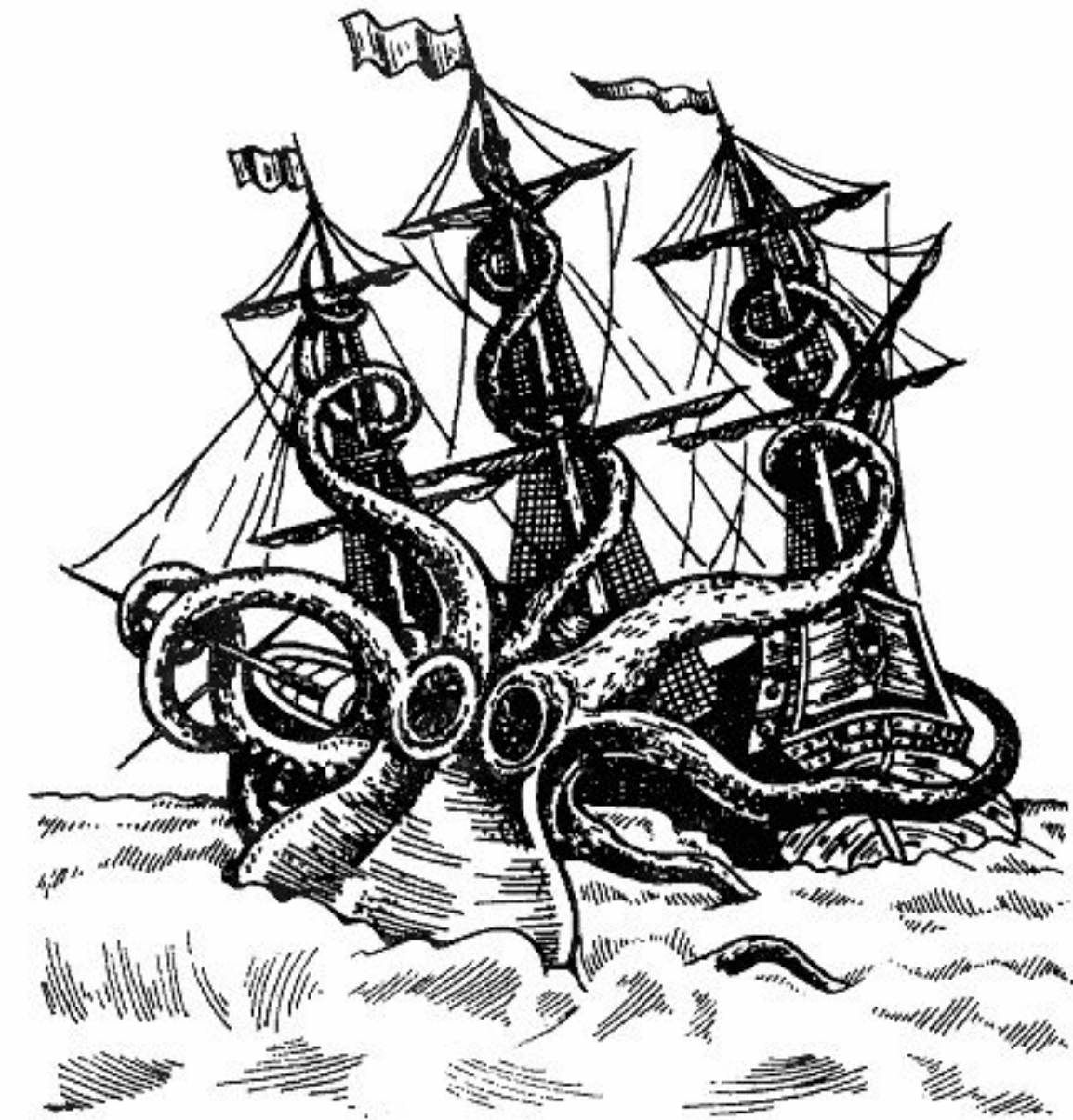


Эндрю Хаксли

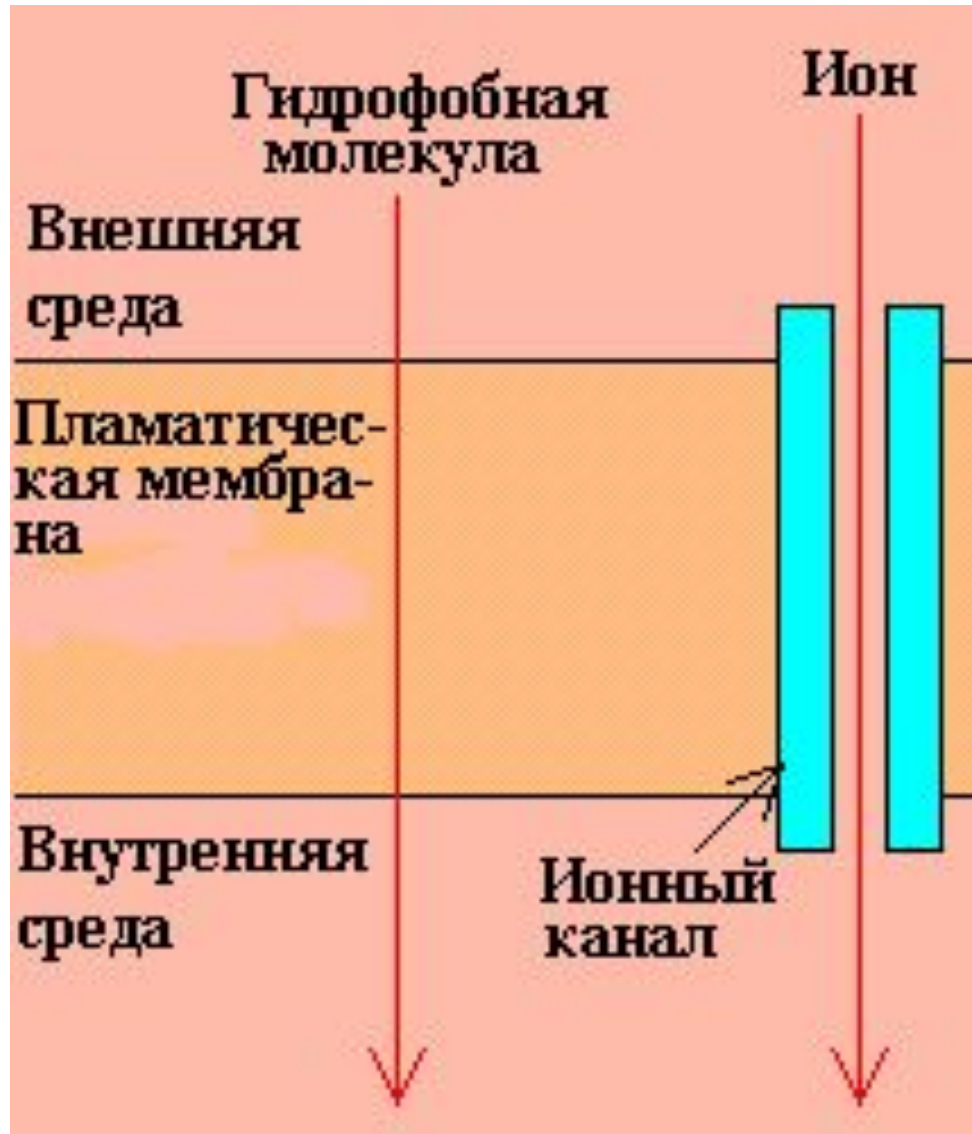


Не верьте людям, которые говорят, что это маленький кальмар

На самом
деле – это
гигантский
кальмар!



Транспорт через мембрану

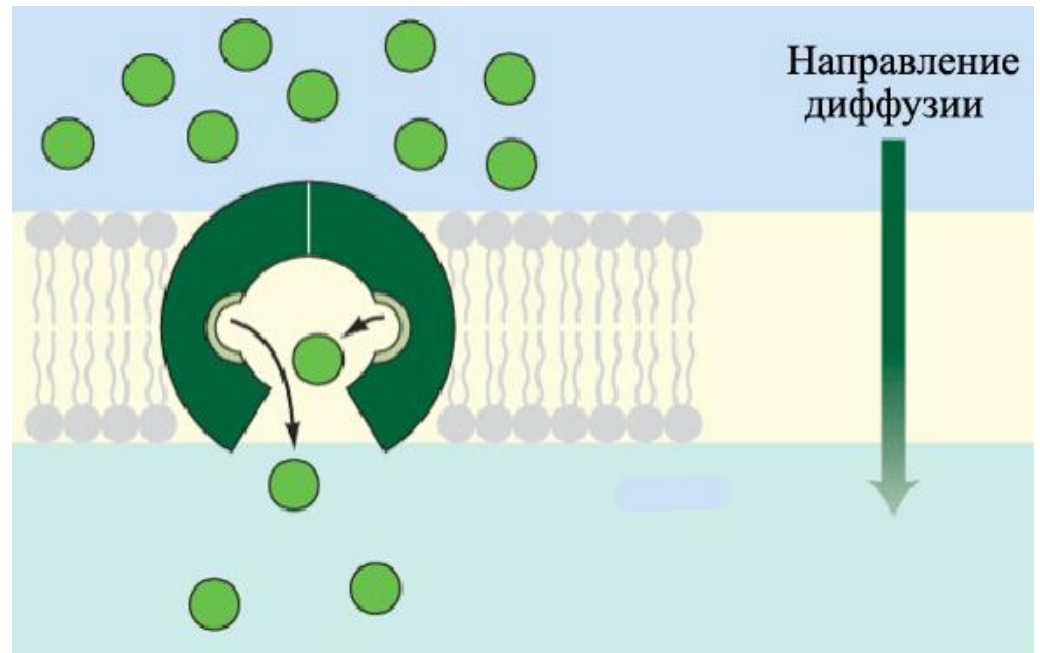
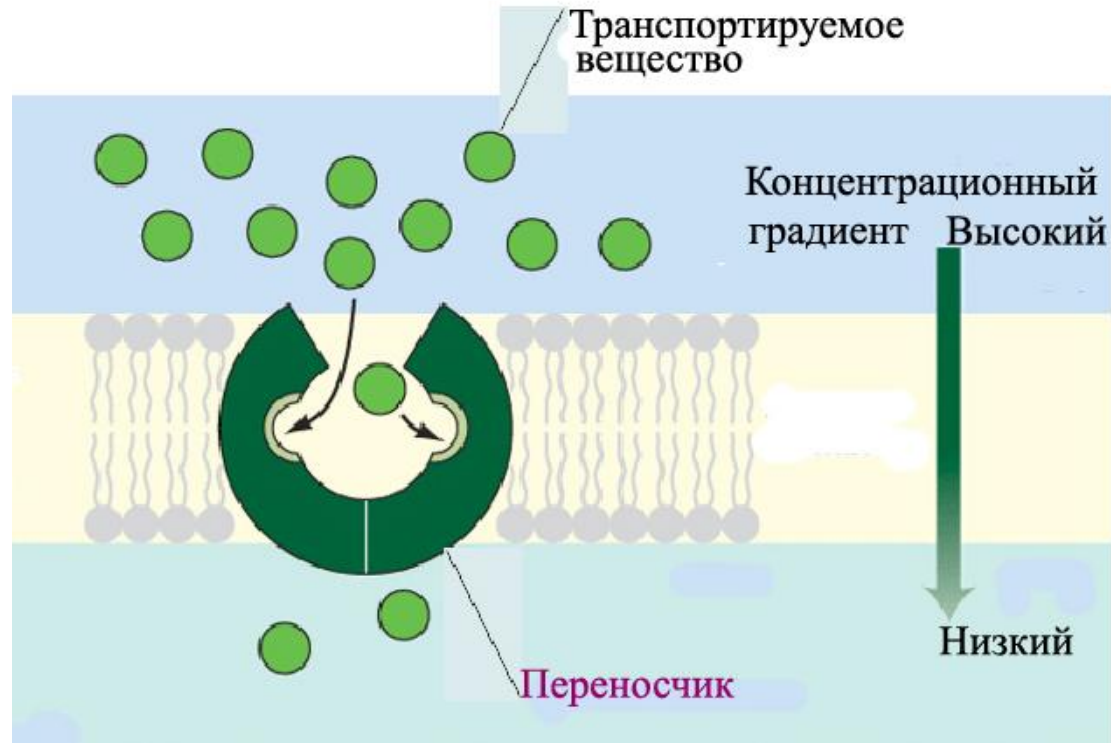


С помощью переносчиков

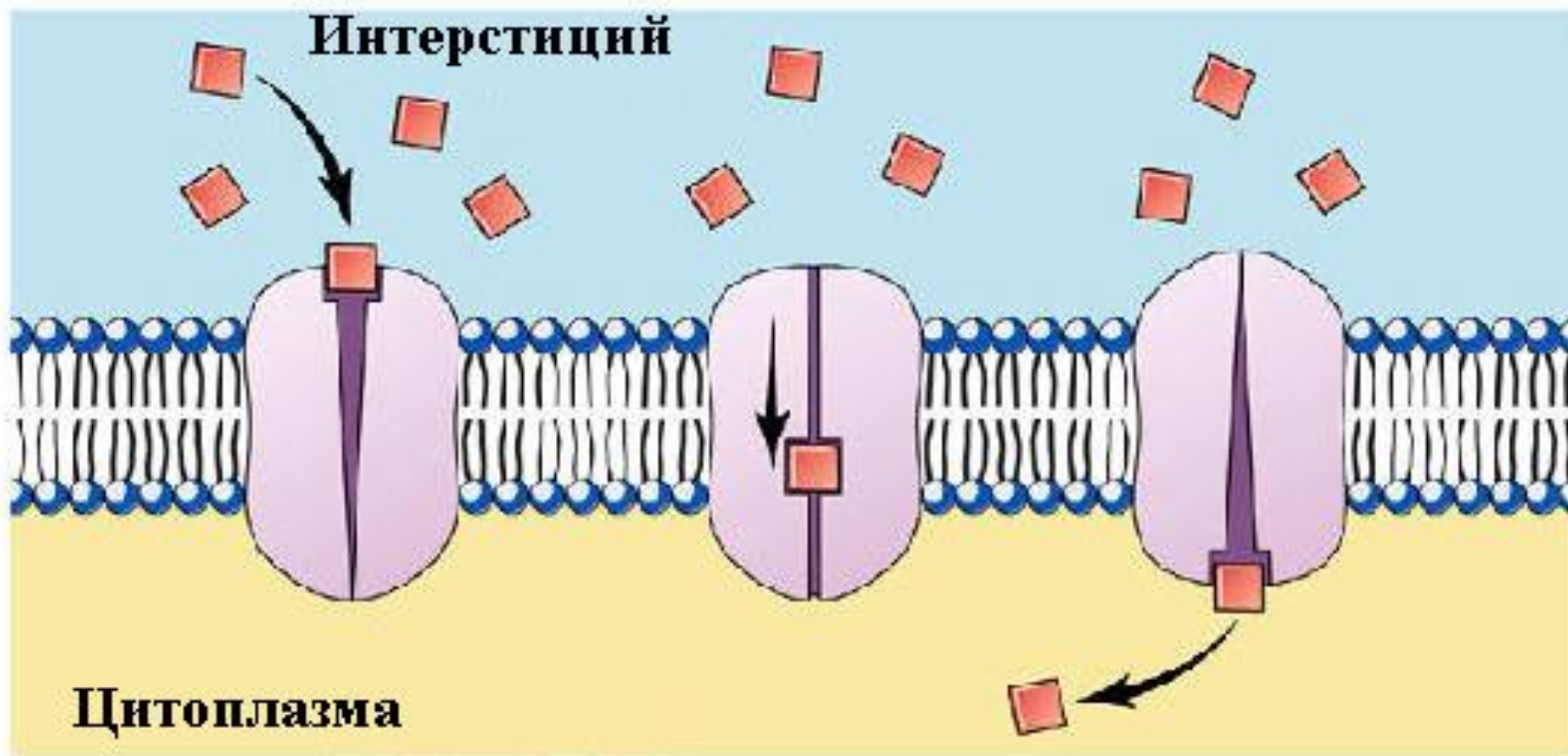
Переносчики – интегральные белки.

1. Облегченная диффузия (ферменты: транслоказы, пермиазы)
2. Активный транспорт (первично активный и вторично активный).

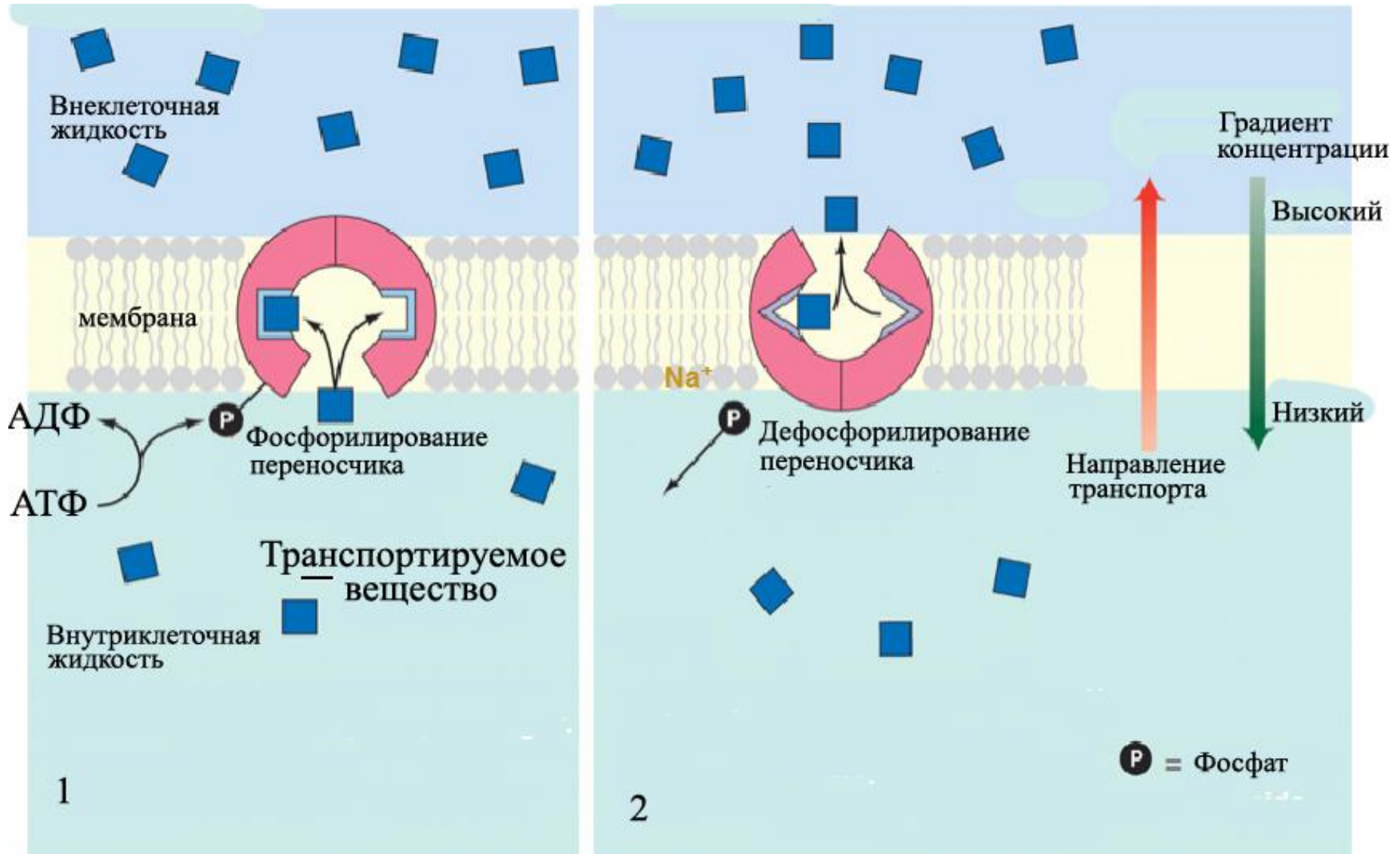
Облегченная диффузия



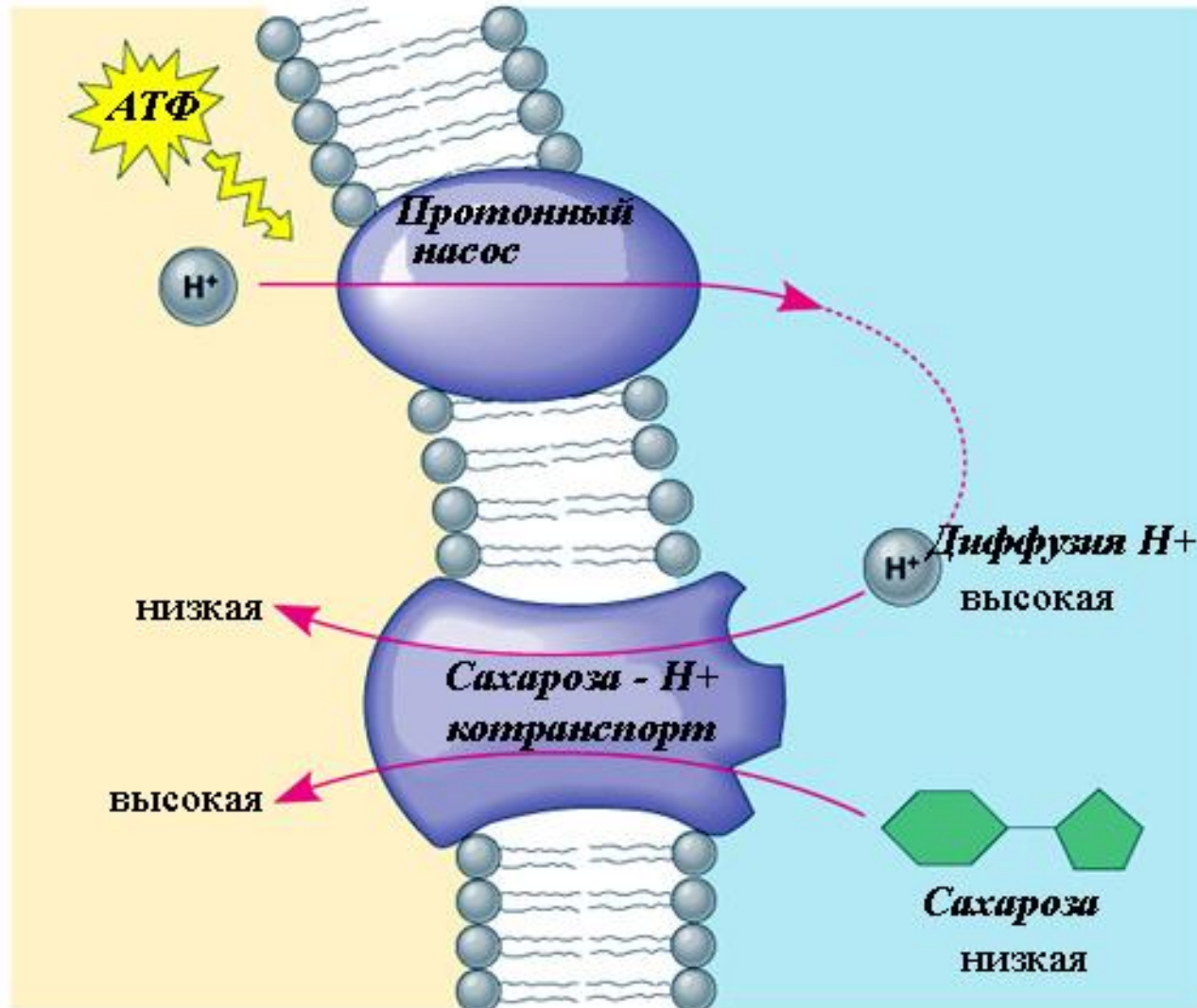
Облегченная диффузия



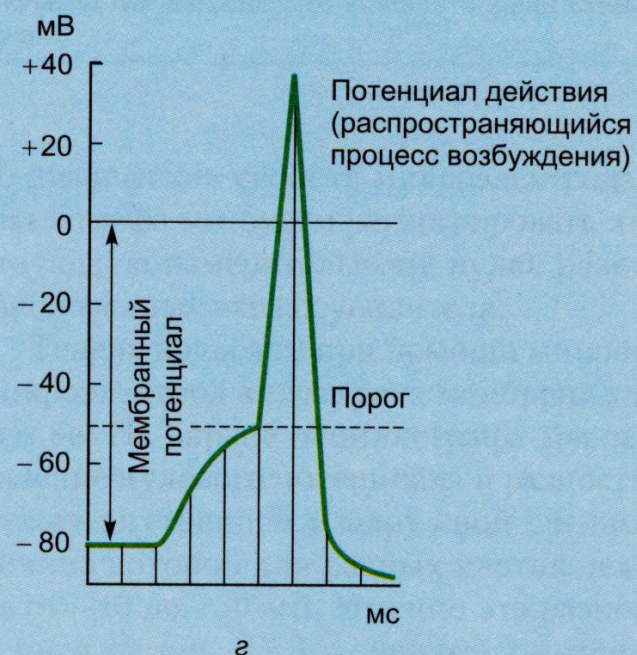
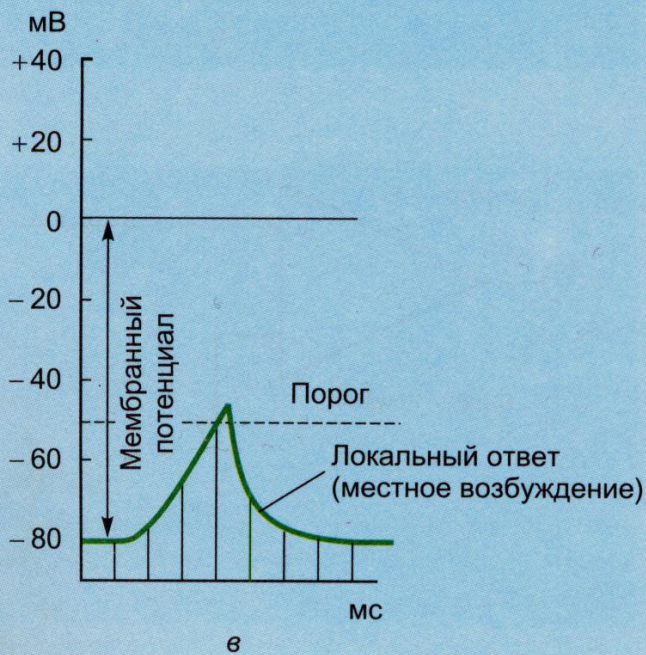
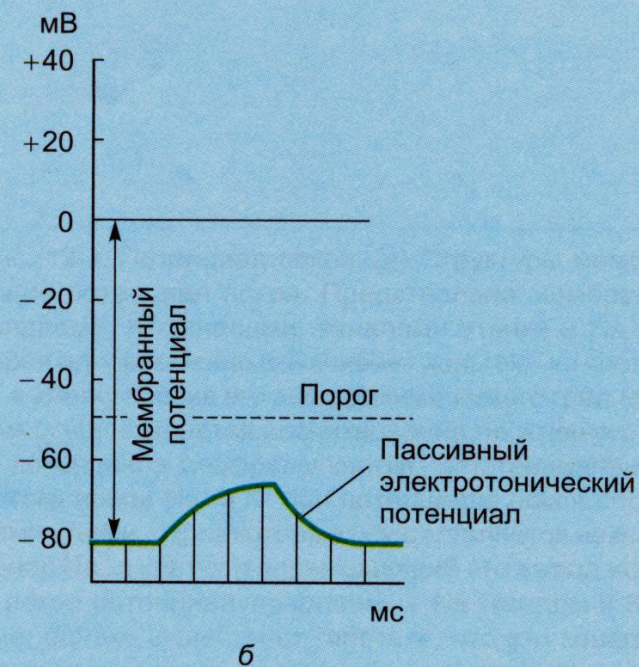
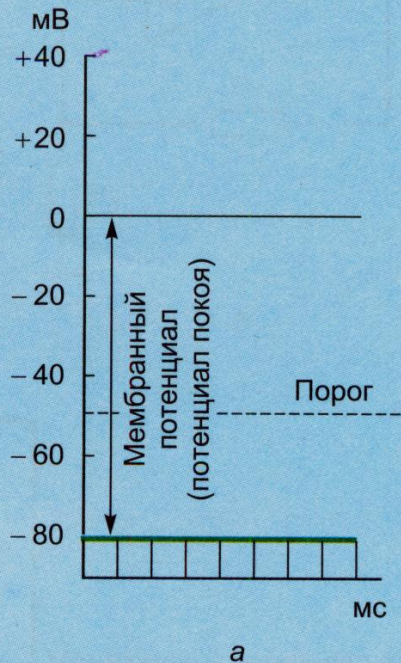
Активный транспорт – первично активный



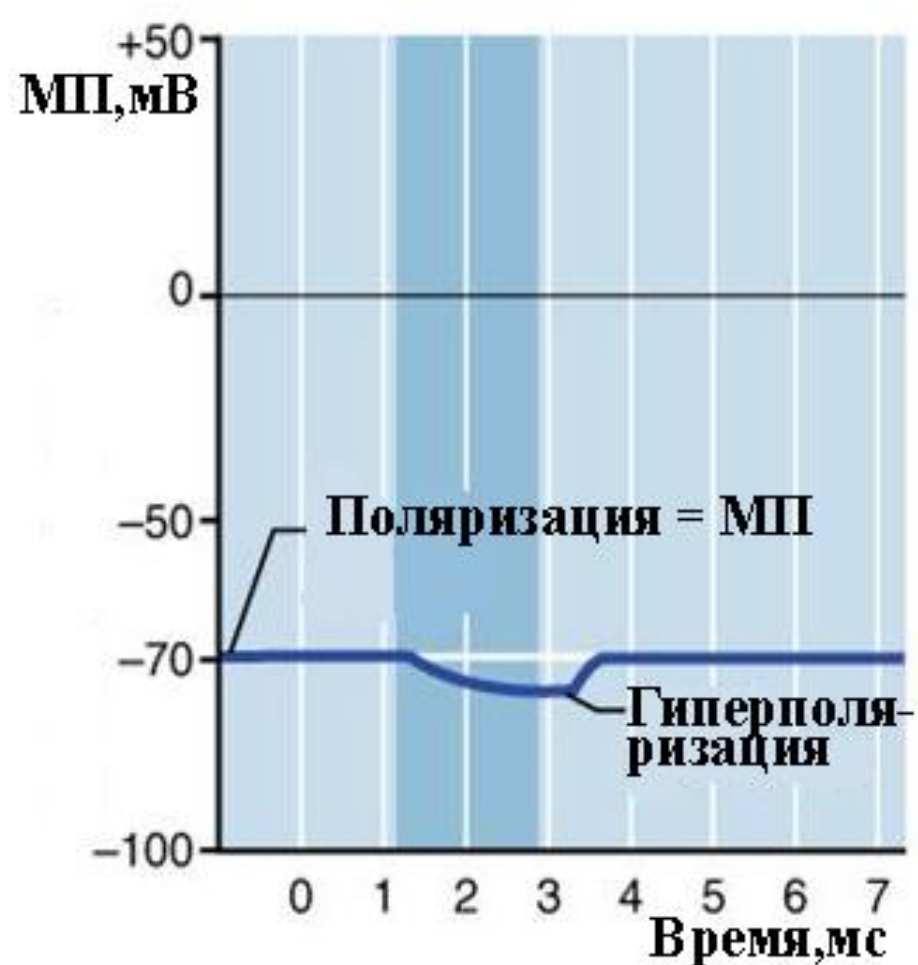
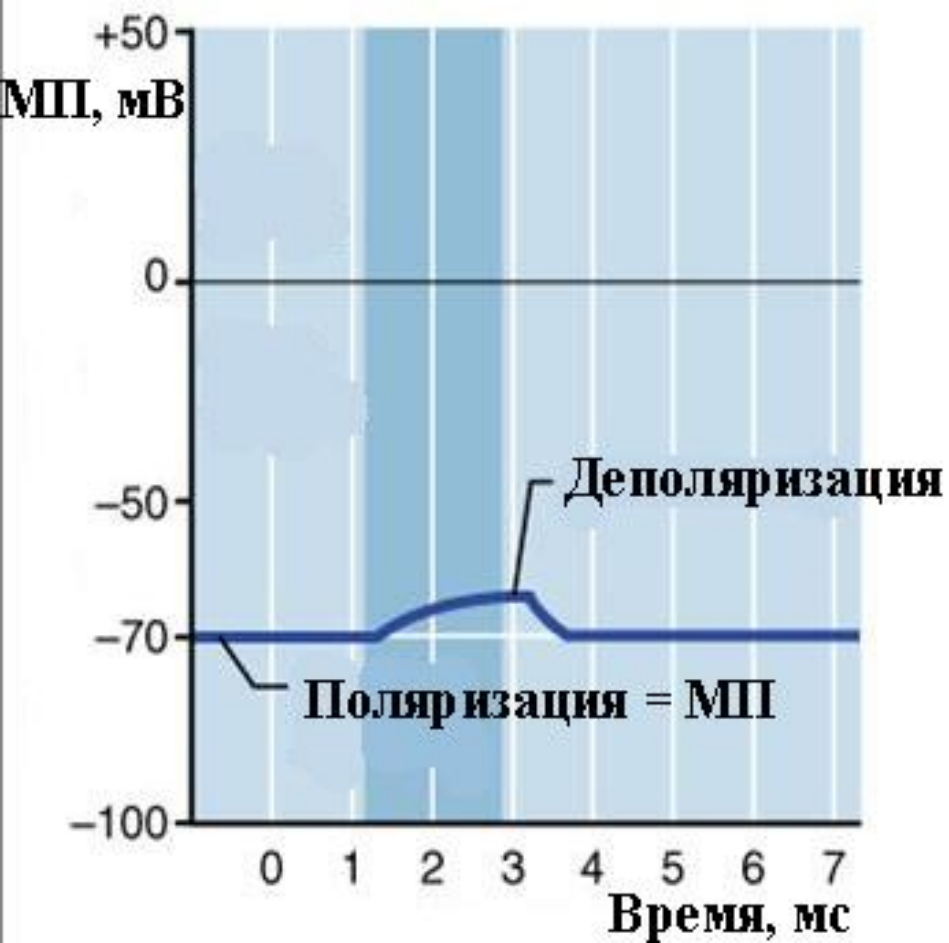
Вторично активный транспорт



Изменение МП



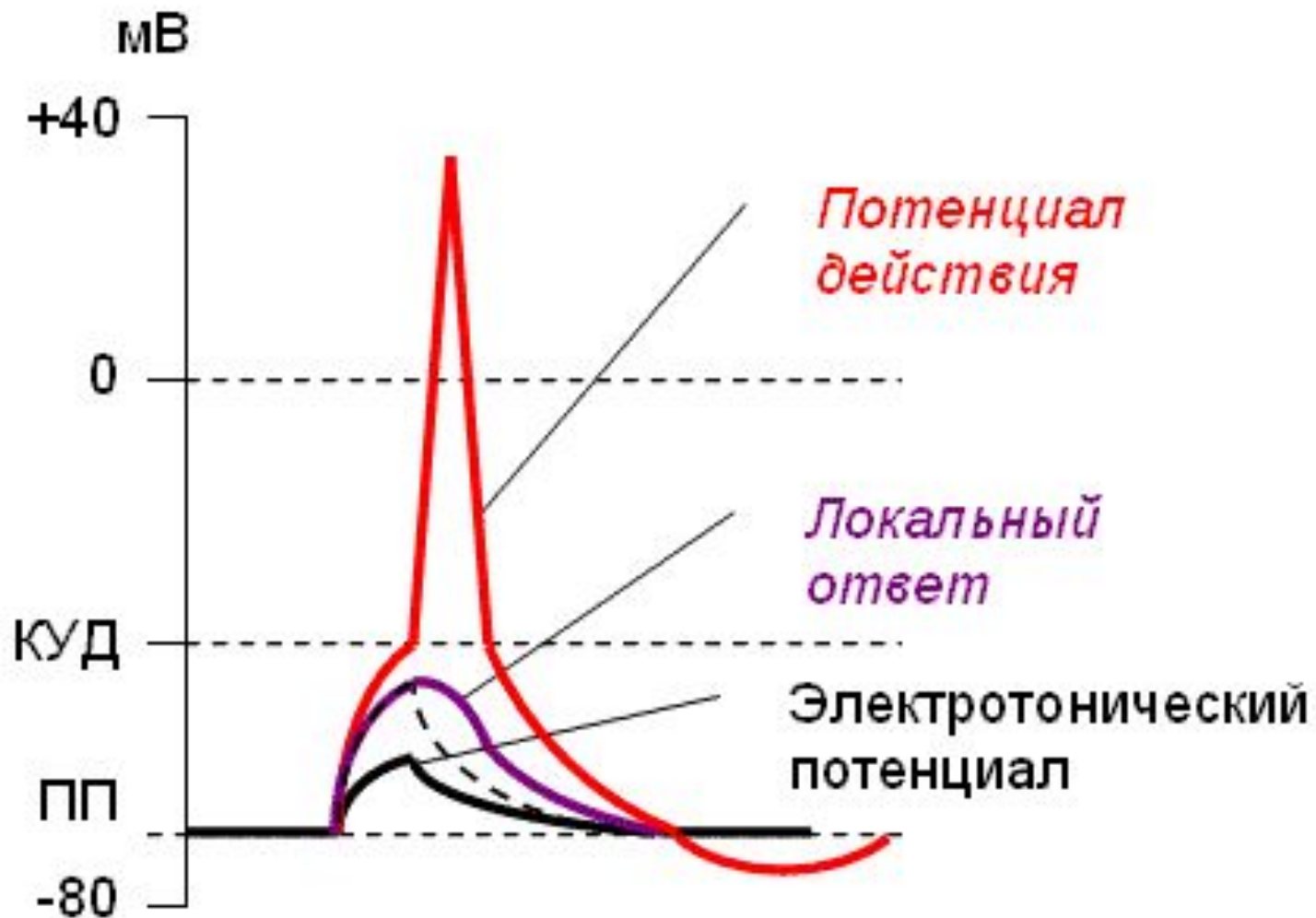
Изменения поляризации



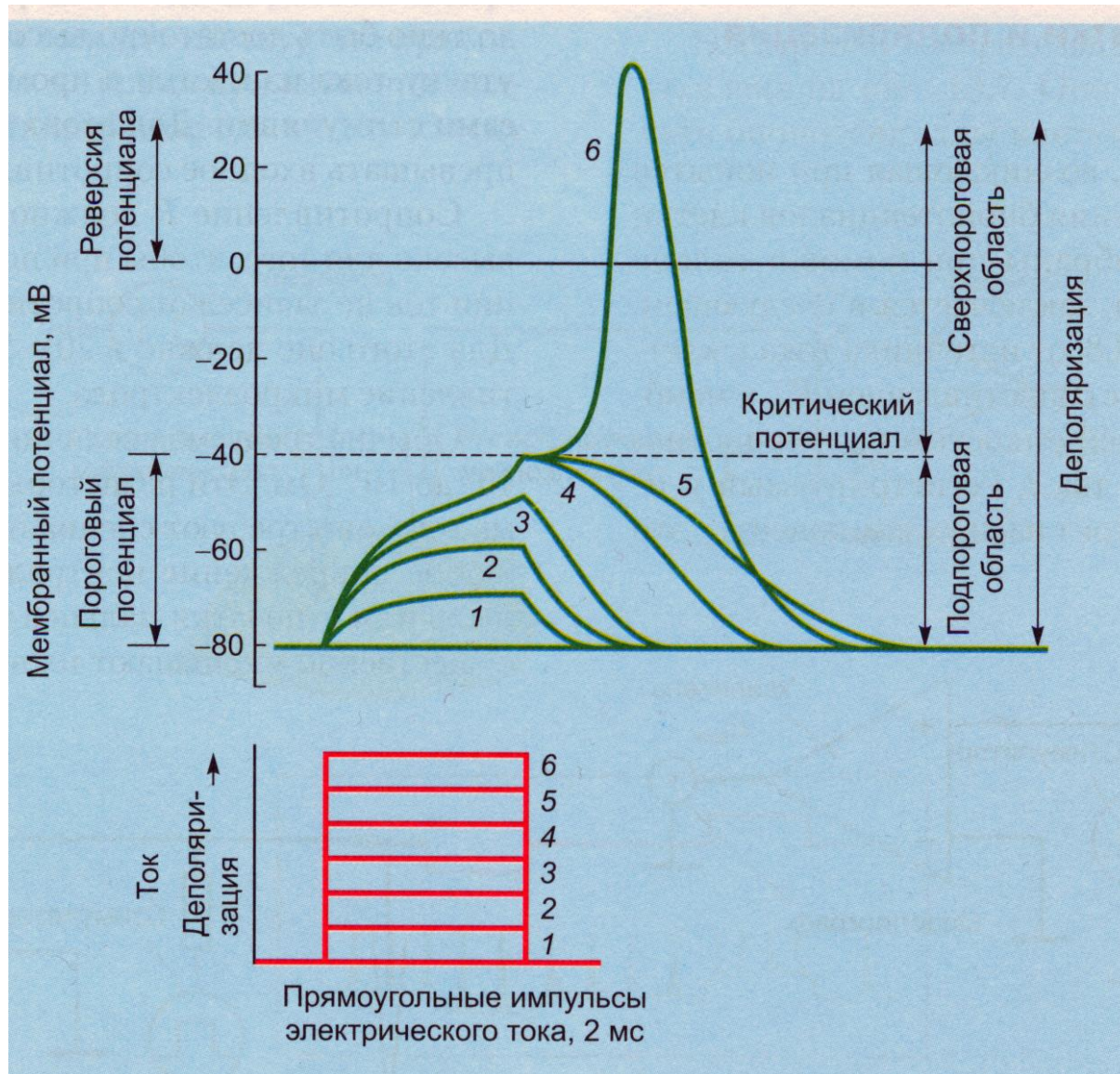
По типу активации ионные каналы мембраны делятся на 3 вида

- Электровозбудимые, потенциалуправляемые.
- Хемовозбудимые, (лиганд-рецептор - зависимые), хемоуправляемые.
- Механовозбудимые, механоуправляемые.

Локальные ответы и ПД



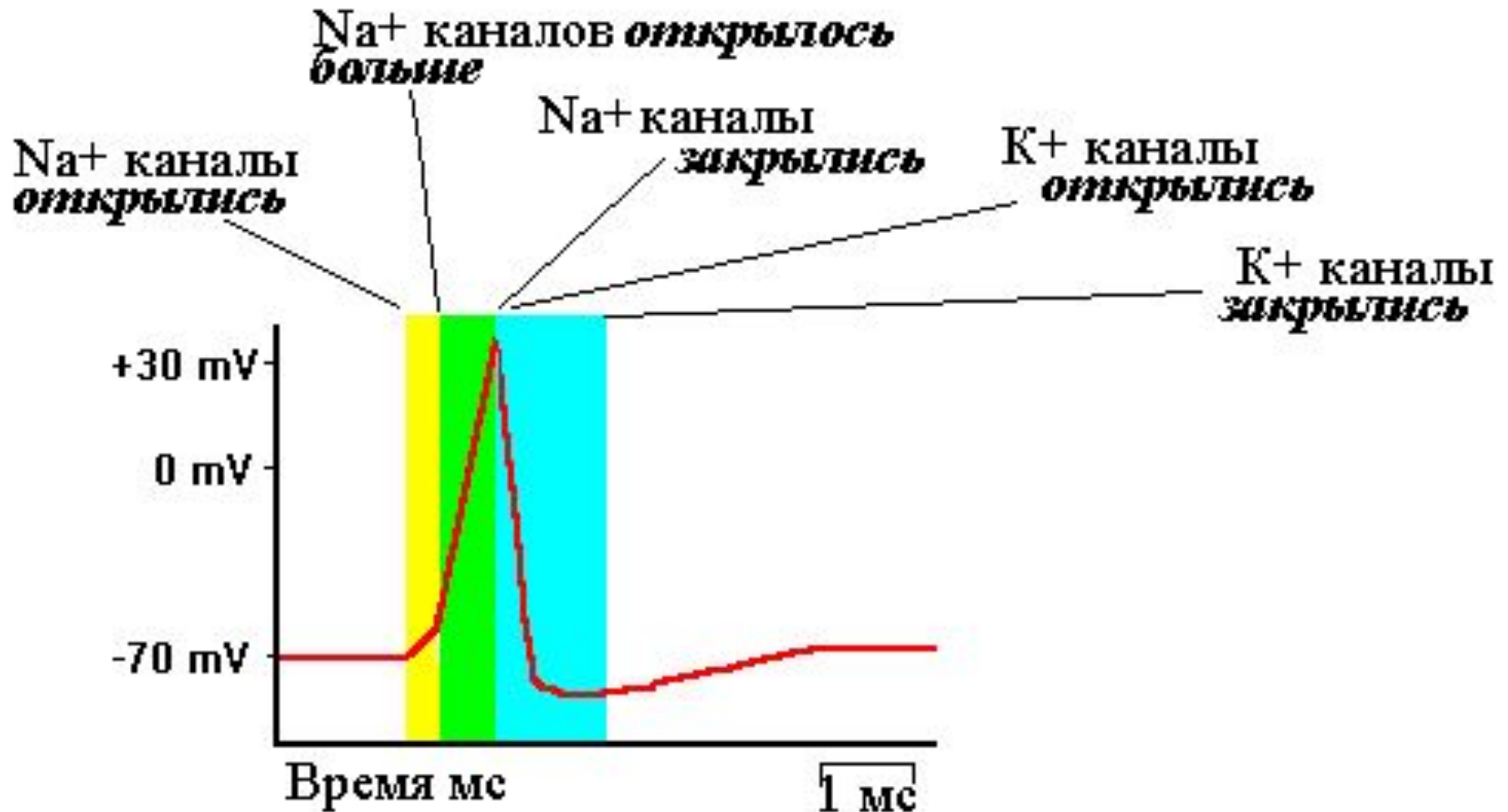
Локальный ответ. Кривые 1,2 – пассивный электротонический потенциал в ответ на увеличивающиеся по амплитуде стимулы. Кривые 3, 4, 5 – локальные ответы – истинная деполяризация. Кривая 6 – ПД.



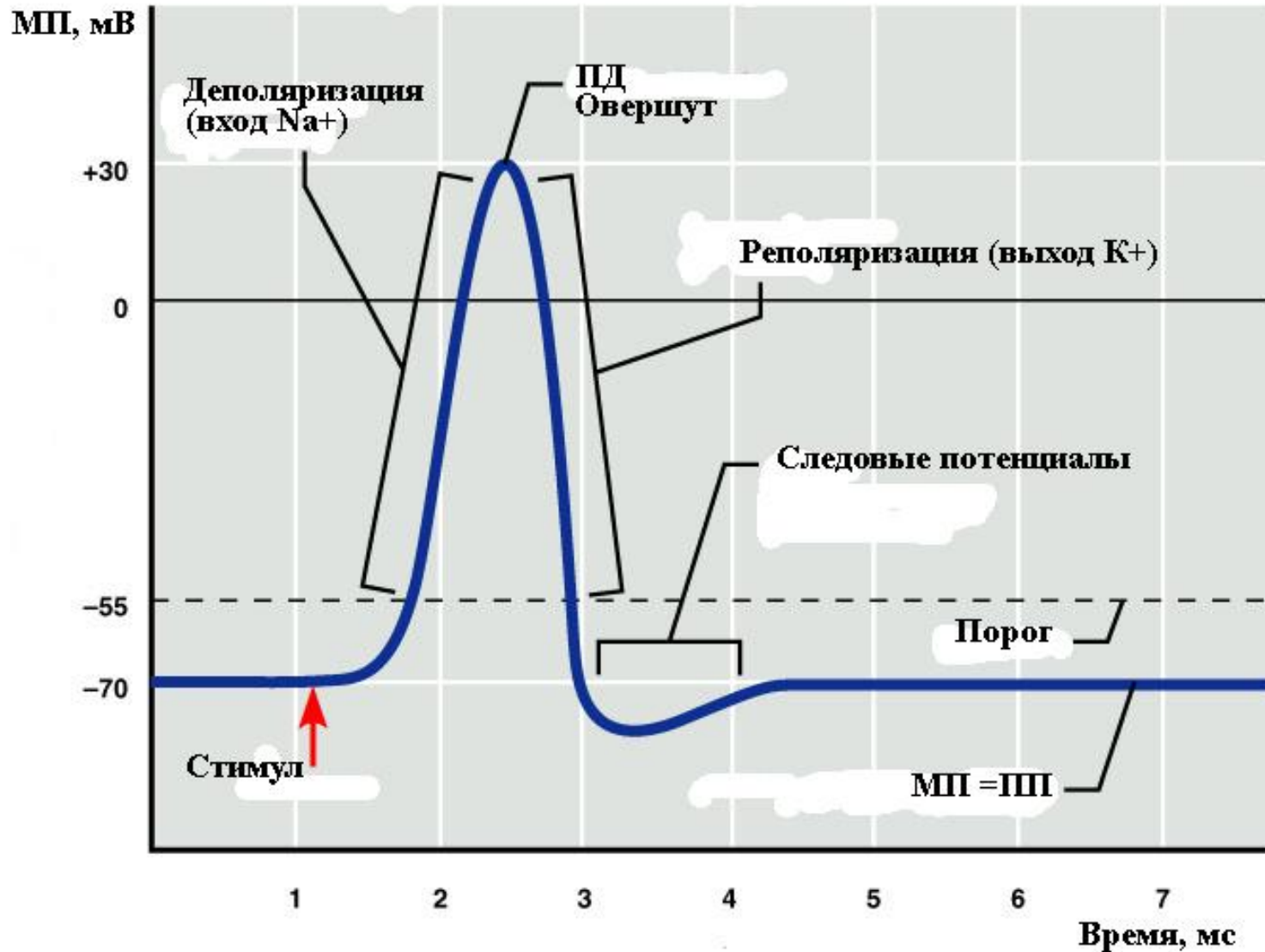
Свойства локальных ответа

- Суммируются
- Не распространяются
- Градуальны (зависят от силы стимула)

Потенциал действия



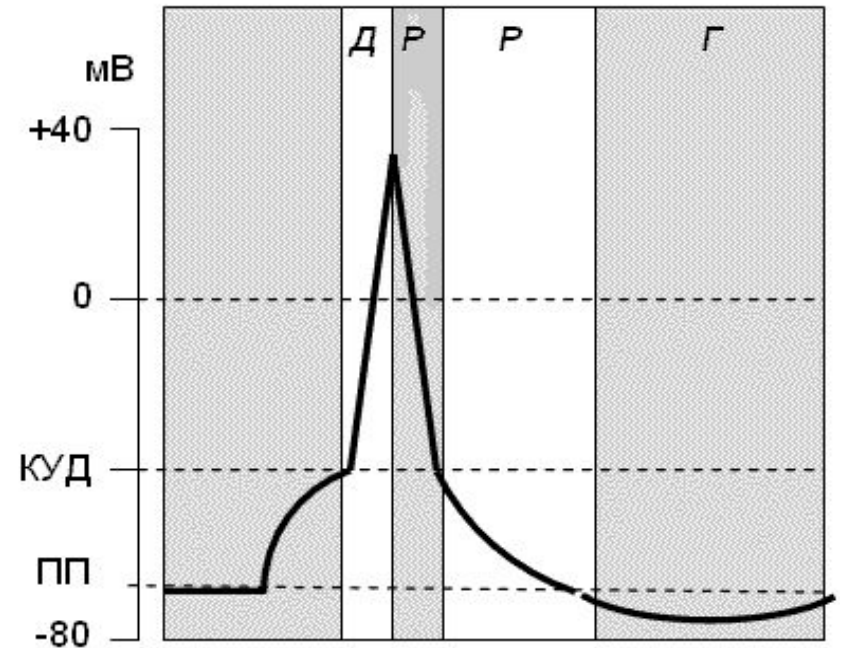
ПД и фазы



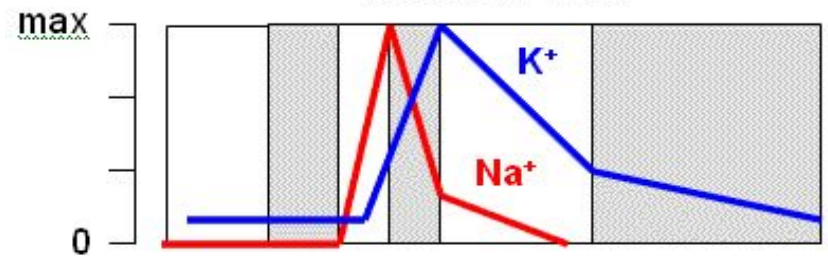
СВОЙСТВО ПД

- Отвечает закону « Все или ничего»

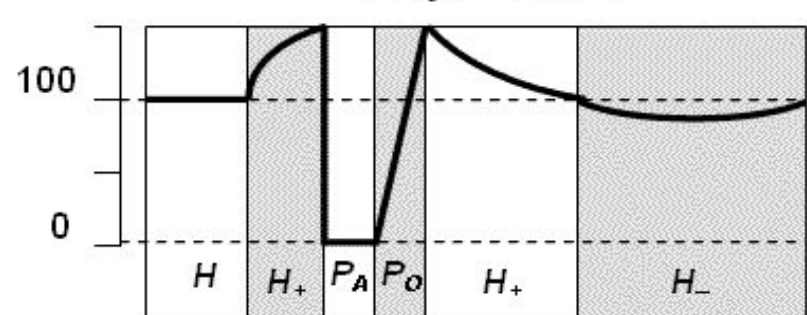
Изменения возбудимости во время возбуждения.



Ионные токи



Возбудимость



Рефрактерность (невозбудимость):

- Абсолютная
- Относительная

В практической медицине используют эти фундаментальные знания

- Местные анестетики блокируют натриевые каналы.
- Натрий не входит в нервные волокна, значит возбуждение не возникает (боль не распространяется).
- Кардиологи управляют входом Кальция (лечение аритмий, гипертонии)

Спасибо за внимание!



Мы Вас любим!