



# ММА

МОСКОВСКАЯ  
МЕЖДУНАРОДНАЯ  
АКАДЕМИЯ

## ПРЕЗЕНТАЦИЯ

# Нейрофизиология

## Лекция 1

Соловова Надежда Анатольевна

Кандидат психологических наук

[solovovana@gmail.com](mailto:solovovana@gmail.com)

# Основные понятия

**Раздражитель** - стимул: Адекватные – неадекватные  
Пороговые – максимальные – сверхсильные  
Внешние – внутренние

**Раздражимость** – свойство всего живого реагировать на воздействие внешней среды (стимул, раздражитель)

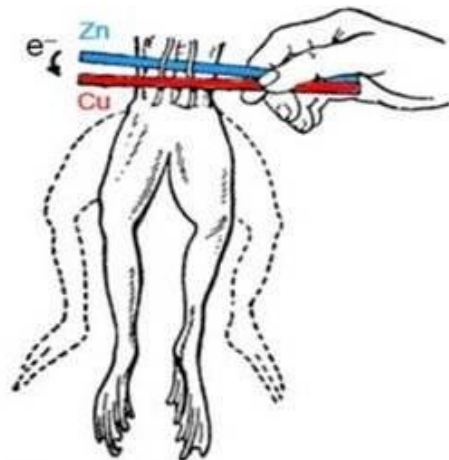
**Возбудимость** — свойство клеток отвечать на раздражение возбуждением (изменение ионной проницаемости и заряда мембраны)

Возбудимые клетки: **нервные, мышечные** и некоторые **секреторные**

**Возбуждение** — ответ ткани на ее раздражение проявляющийся в: **специфической функции** (проведение возбуждения нервной тканью, сокращение мышцы, секреция железы) **неспецифических реакциях** (генерация ПД, метаболические изменения)

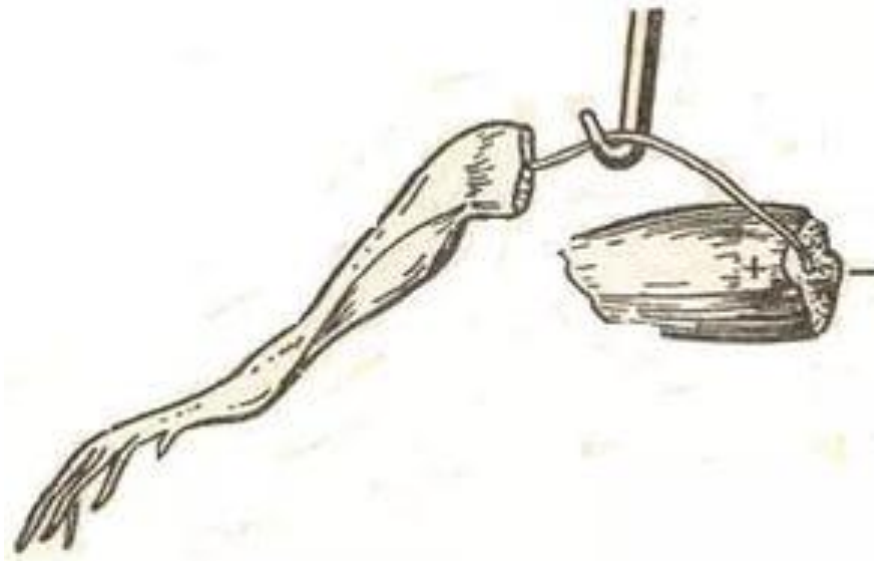
# Изучение «животного электричества» XVIII век

## 1-й опыт Гальвани

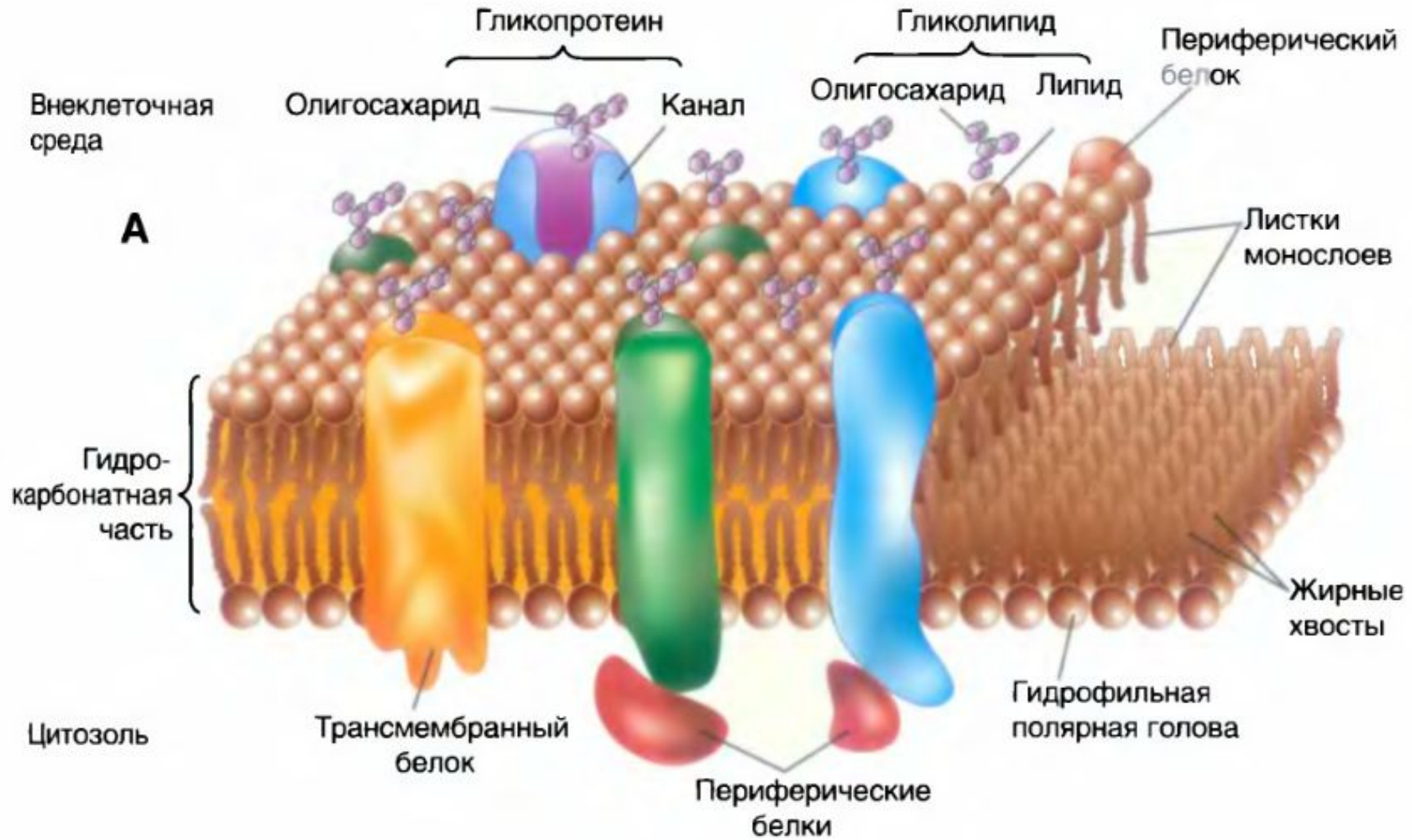


Пинцет Гальвани:  
лапка сокращается («животное электричество»)

## 2-й опыт Гальвани



# Жидкостно-мозаичная модель строения мембраны





# Мембранные белки

Белки-насосы

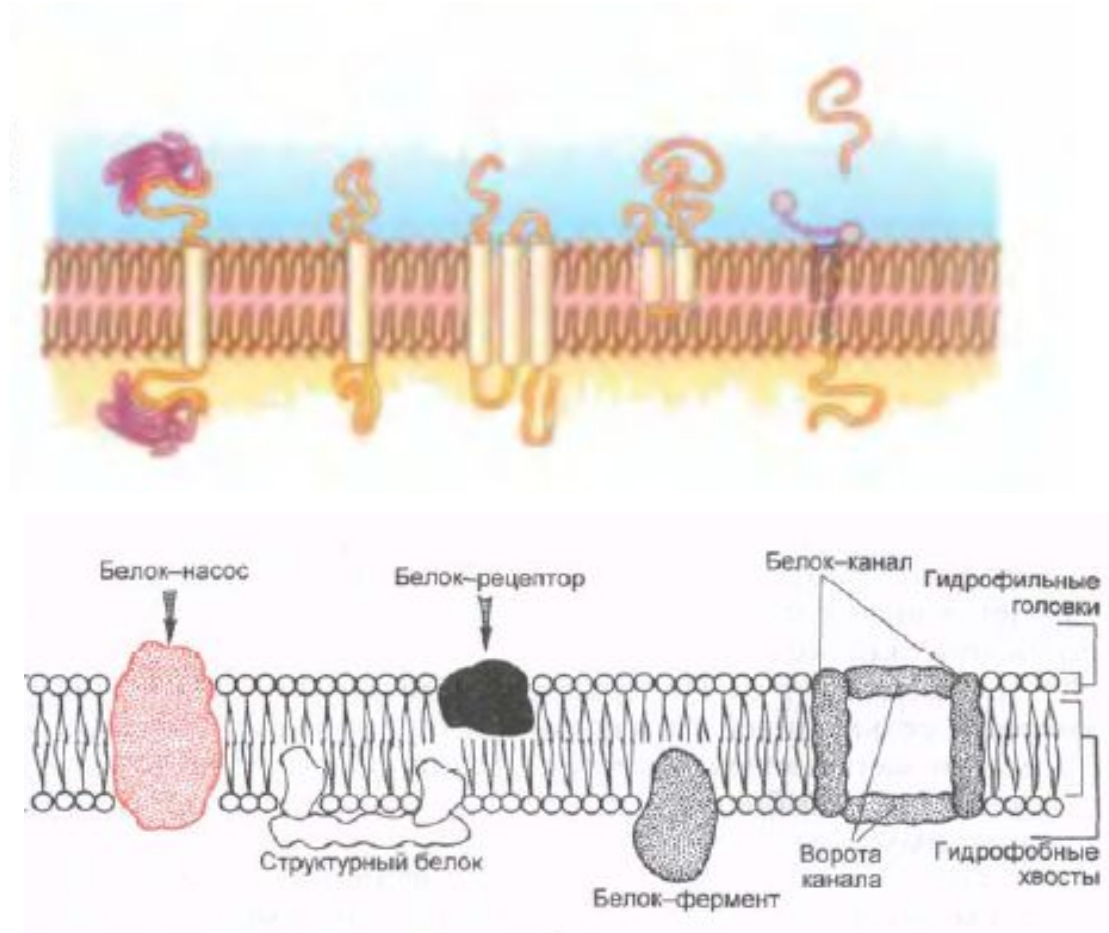
Белки-рецепторы

Белки-каналы

- Элетрозависимые
- Химическизависимые
- \_\_\_\_\_
- Быстрые
- Медленные

Белки-ферменты

Структурные белки



# Функции клеточных мембран

**Барьерная функция**

**Транспортная функция**

- Пассивный транспорт :
  - *Фильтрация*
  - *Диффузия*
  - *Облегченная диффузия*
  - *Осмоз*
- Активный транспорт
  - *NaK АТФаза*
  - *Пиноцитоз, Экзоцитоз, Фагоцитоз*

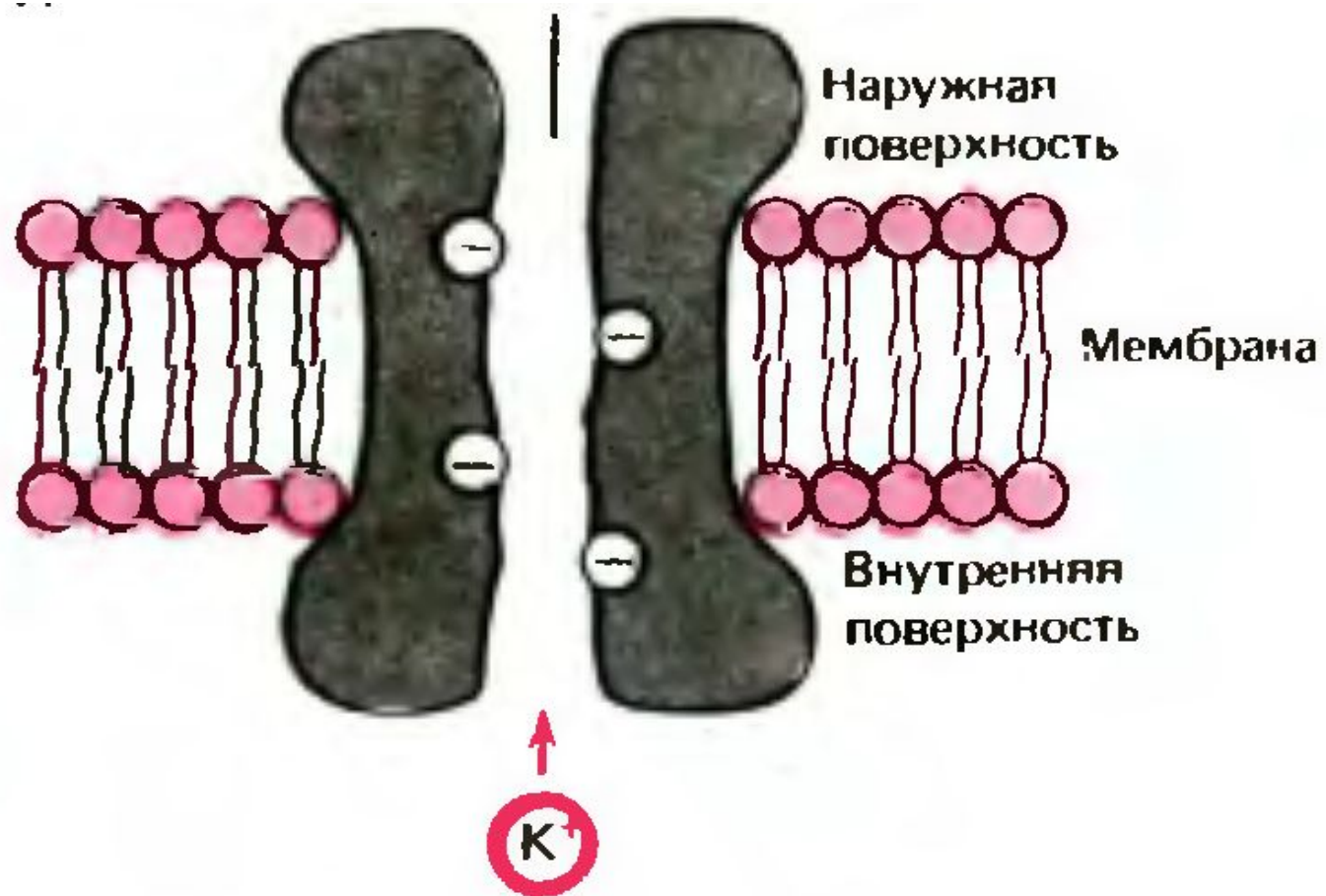
**Рецепторная функция**

**Генерация электрохимических потенциалов**

**Биотрансформирующая**

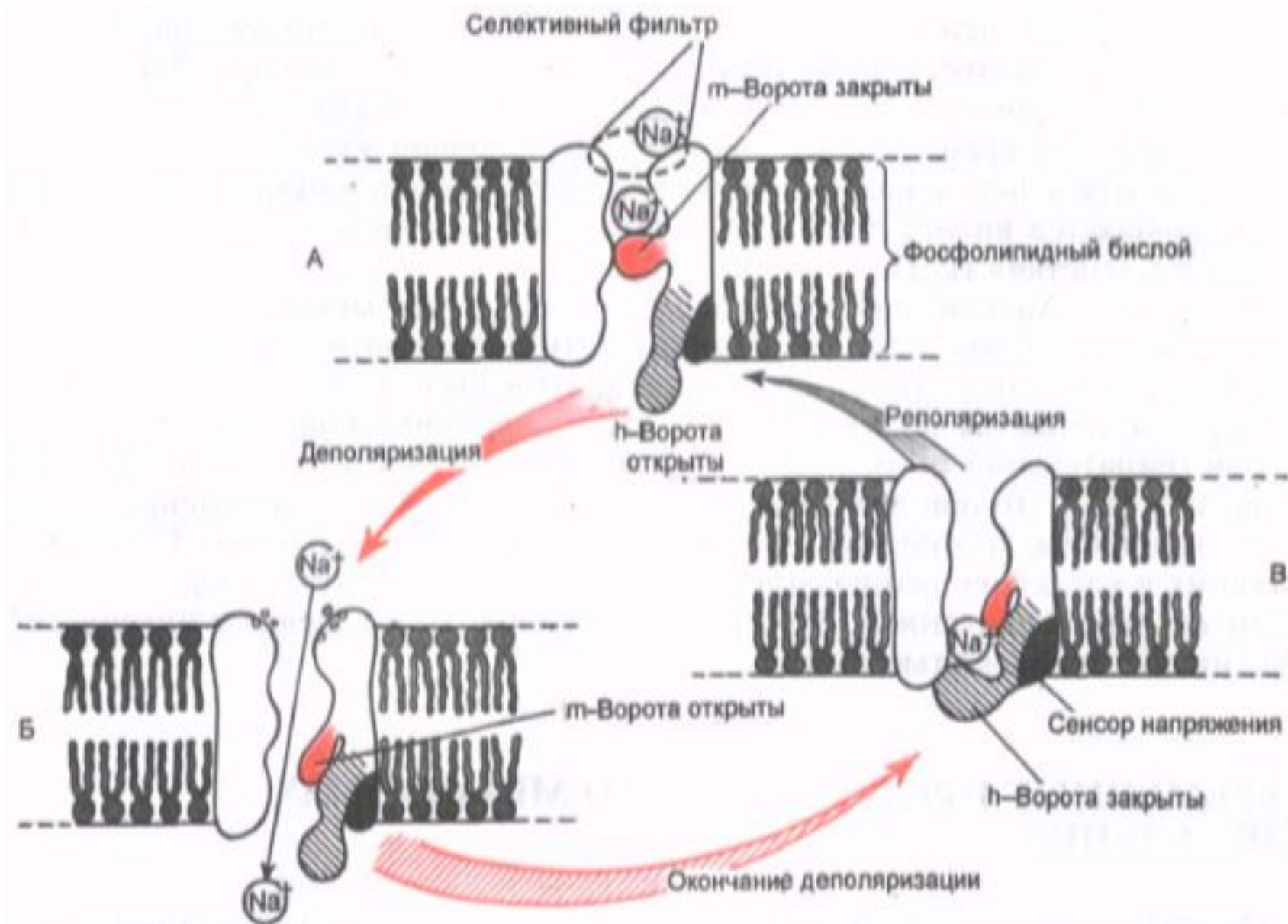


# Канал для $K^+$

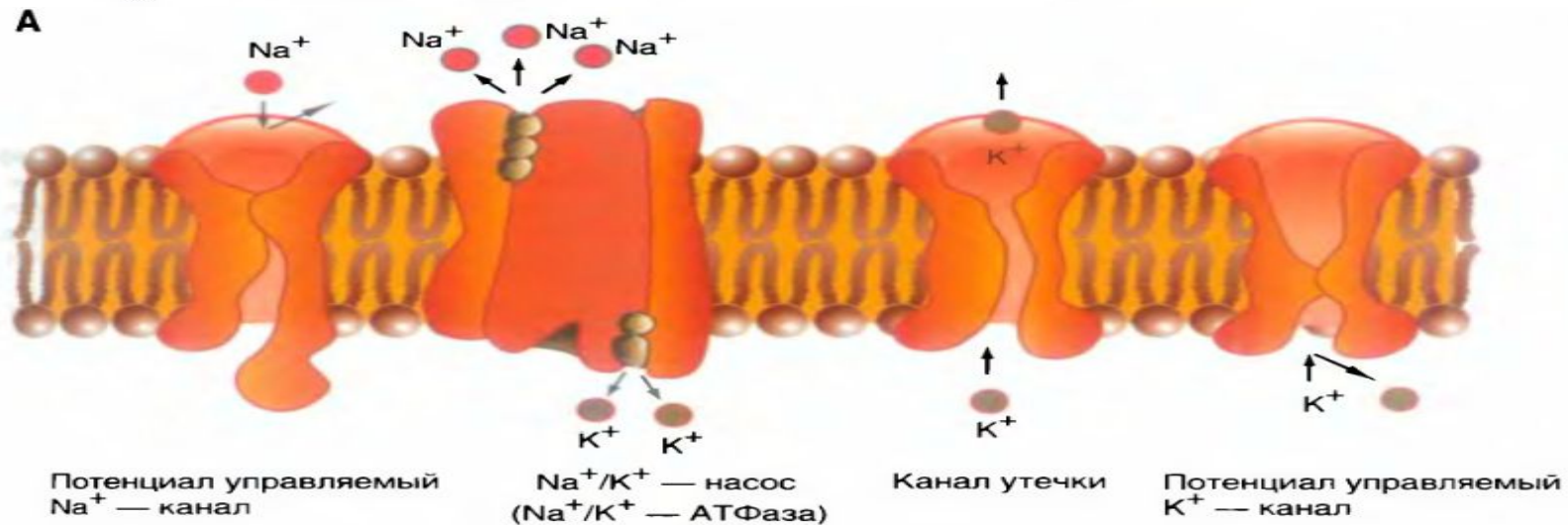
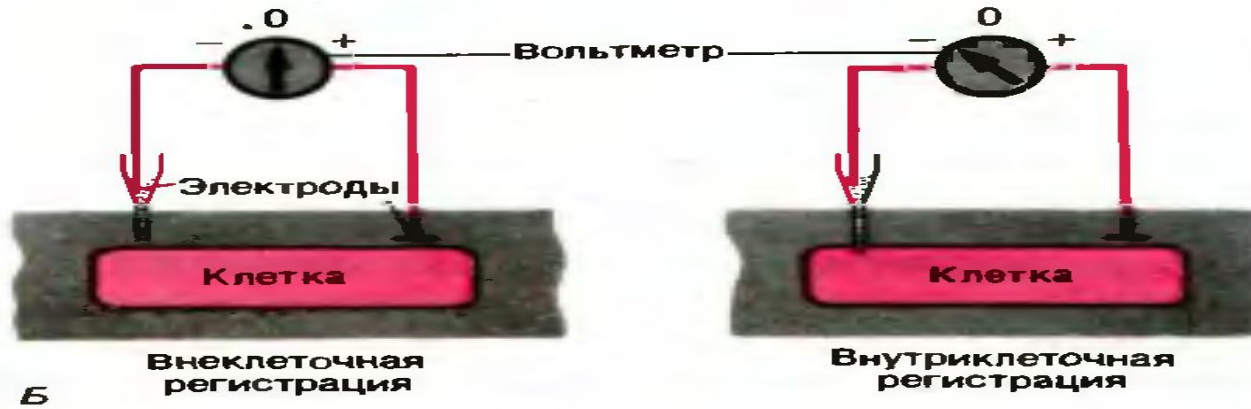




# Каналы для $\text{Na}^+$



# Потенциал покоя



# Потенциал покоя

## ПП (МП) обусловлен

Трансмембранные градиенты концентрации ионов  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cl}^-$

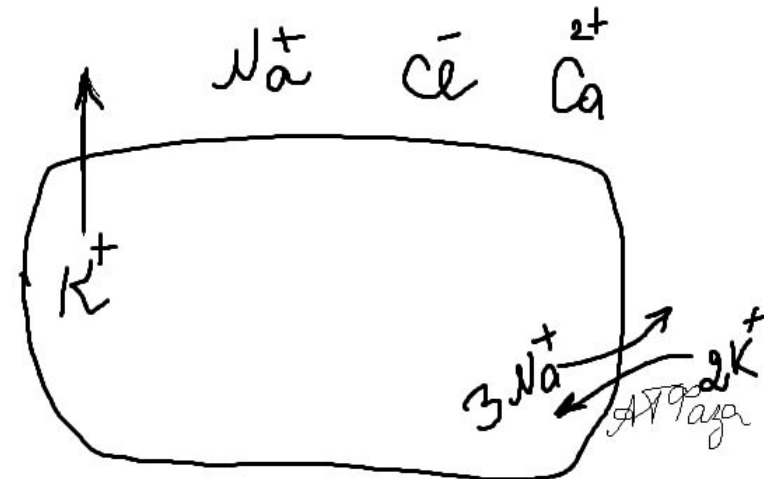
Высокая избирательная проницаемость для  $\text{K}^+$  и почти полная непроницаемость для  $\text{Na}^+$  в состоянии покоя

Работа  $\text{Na}^+$ - $\text{K}^+$ -АТФазных насосов

$\text{K}^+$  внутри клетки 150 ммоль/л, а снаружи 5 ммоль/л. Выходит по градиенту концентрации, его анионы – остаются в клетке – создавая отрицательный заряд

Снаружи клетки  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  значительно больше, чем внутри клетки. Однако войти в клетку в покое они не могут

$\text{Na}^+$ / $\text{K}^+$ АТФазный насос работает с затратой АТФ обменивает 3 $\text{Na}^+$  из клетки на 2 $\text{K}^+$  из межклеточной жидкости



# Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup> Насос

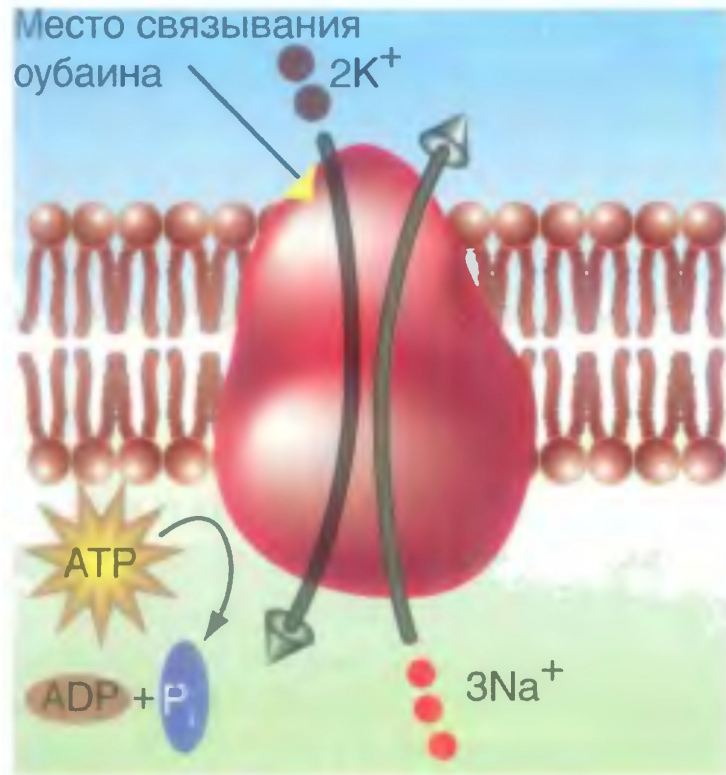
3Na<sup>+</sup> с внутренней стороны мембраны связывается с насосом

АТФ-АДФ+Ф+энергия для изменения конфигурации насоса

3Na<sup>+</sup> не могут больше связываться и освобождаются снаружи клетки

2K<sup>+</sup> связываются с активированным насосом, его конфигурация меняется на исходную

2K<sup>+</sup> поступают в клетку



## Значение в клетке

Поддерживается высокая концентрация K<sup>+</sup> внутри клетки

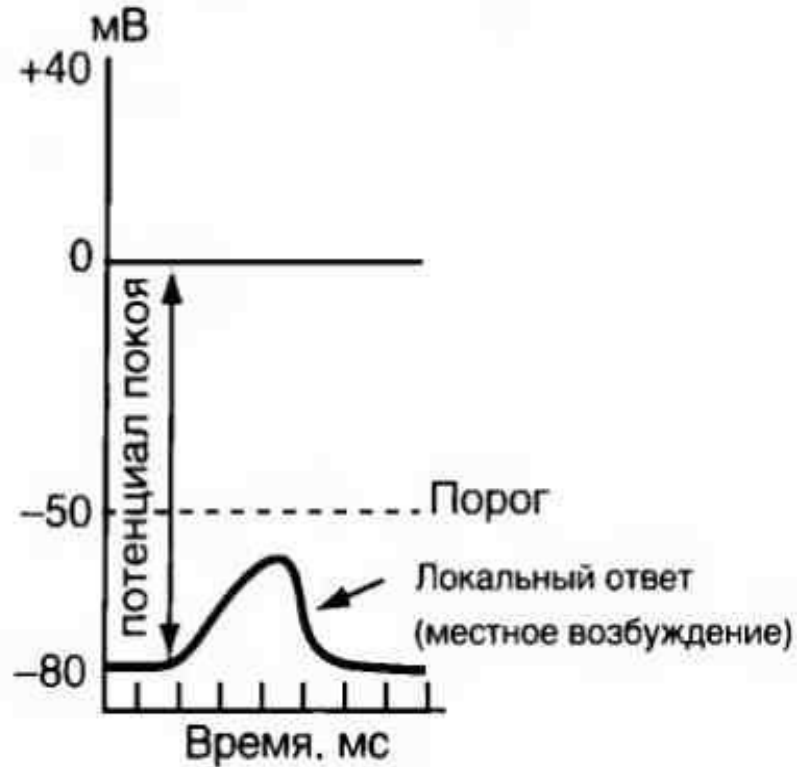
Играет роль в создании потенциала покоя

Поддерживается низкая концентрация ионов Na<sup>+</sup> внутри клетки

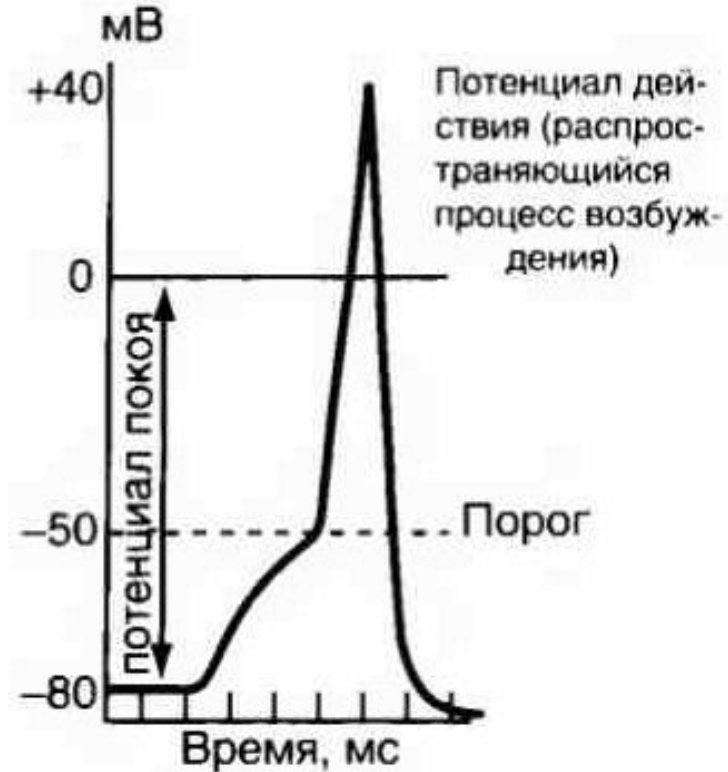
Способствует сопряженному транспорту аминокислот и сахаров через клеточную мембрану

# Воздействие на возбудимую клетку раздражителями

При действии подпорогового стимула – локальный ответ



При действии порогового и сверхпорогового стимулов – потенциал действия



# Фазы потенциала действия

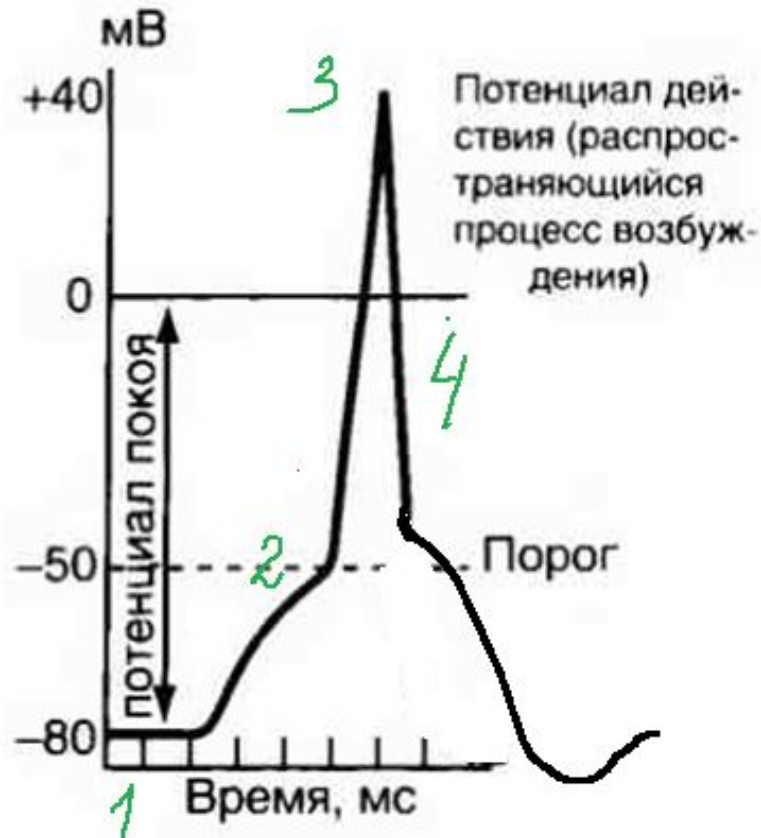


- 1 – ПП – **потенциал покоя**, статическая поляризация
- 2 – **локальный ответ**, медленная деполяризация, преспайк
- 3 – быстрая **деполяризация**
- 4 – **овершут** (восходящая и нисходящая часть), перезарядка, инверсия заряда
- 5 – быстрая **реполяризация**
- 6 – медленная реполяризация, следовой потенциал, **отрицательный следовой потенциал**
- 7 – **гиперполяризация**, положительный следовой потенциал

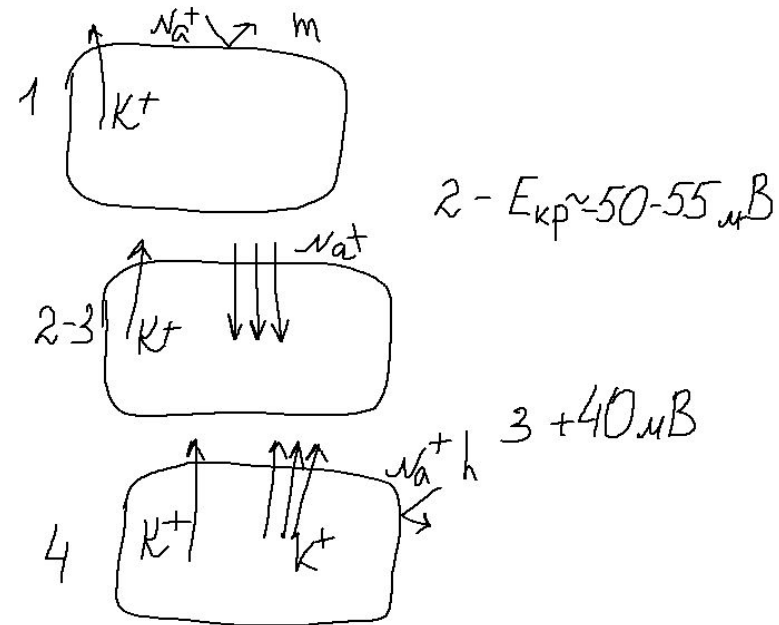


# Ионные токи при в разные фазы ПД

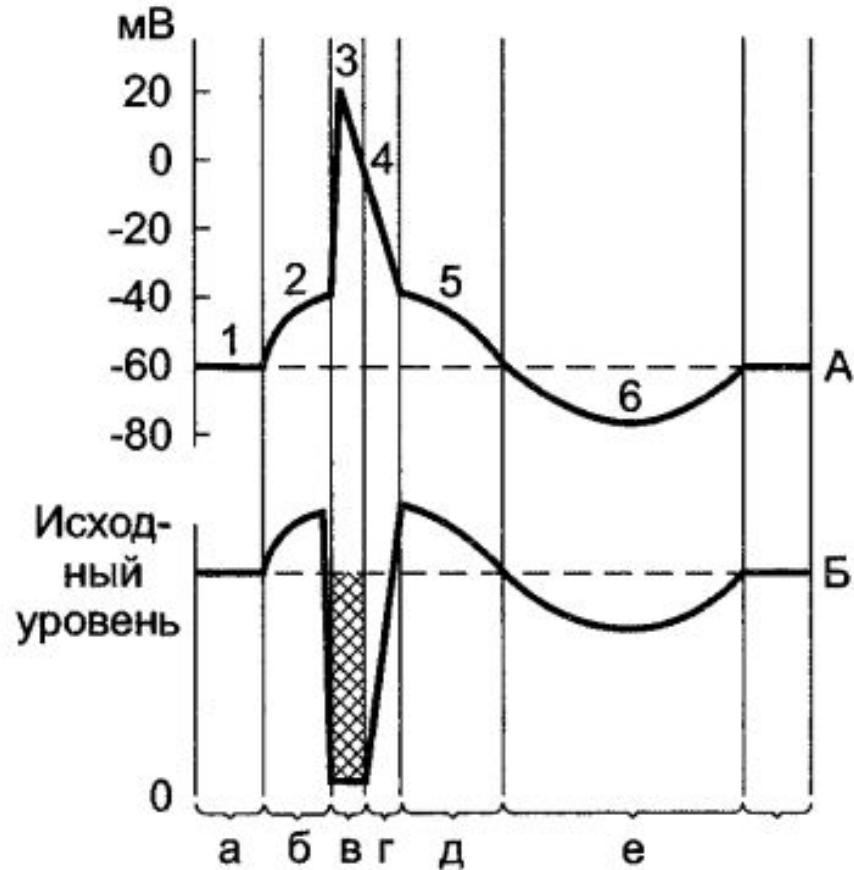
1- ПП, 2 – КУД, 3 – пик ПД, 2-3 – деполяризация + овершут, 4 - реполяризация



2 – критический уровень деполяризации - открытие потенциал-зависимых  $\text{Na}^+$  каналов  
 3 – закрытие потенциал-зависимых  $\text{Na}^+$  каналов, открытие потенциал-зависимых  $\text{K}^+$  каналов  
 Работают еще:  $\text{K}^+$  каналы утечки,  $\text{Na}/\text{K}$ -насос



# Изменение возбудимости мембраны



А – фоновая возбудимость

Б – экзальтация (повышенная возбудимость)

В – абсолютная рефрактерность (невозбудимость)

Г – относительная рефрактерность

Д – супернормальность (вторичная экзальтация)

Е – субнормальность (возбудимость снижена, но не до нуля)

# Законы действия электрическим током на возбудимые ткани

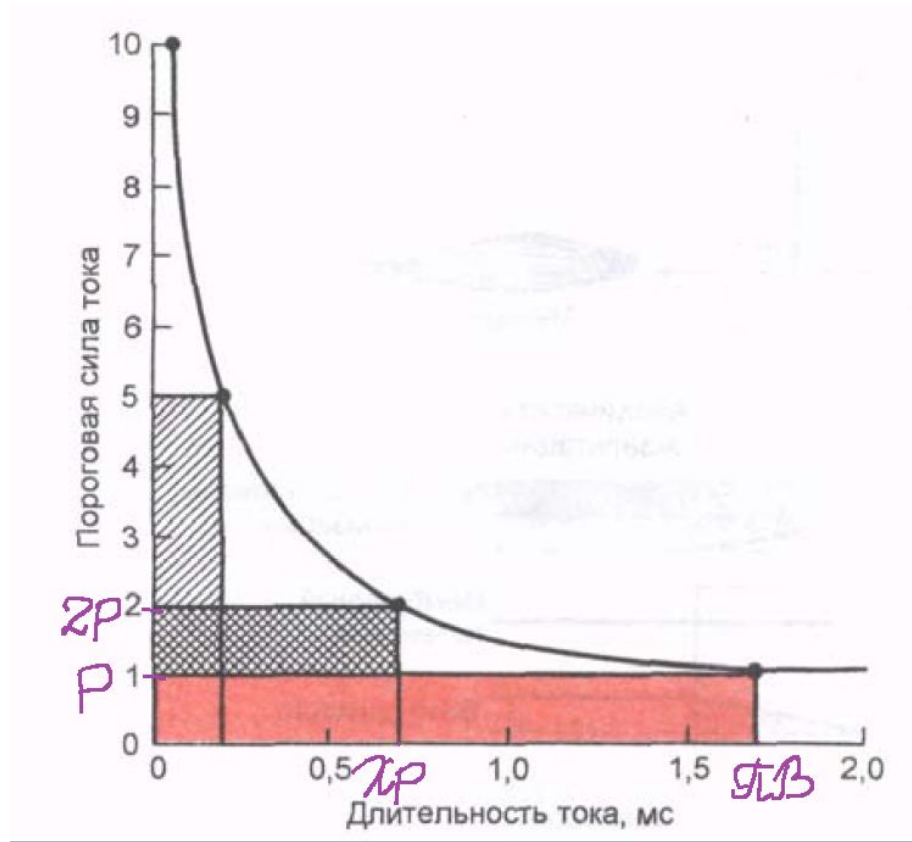
## Закон силы

- Закон силы – чем больше величина раздражителя – тем больше ответная реакция
- Этому закону подчиняются сложные структуры (целая мышца, целый нерв), поскольку с увеличением силы раздражителя вовлекаются новые структуры

## Закон «все или ничего»

- Закон «все или ничего» - подпороговые раздражители не вызывают видимой ответной реакции («ничего»), а пороговые – максимальную ответную реакцию («все»)
- Этому закону подчиняются одиночные нервные и мышечные волокна, сердечная мышца

# Закон силы- длительности



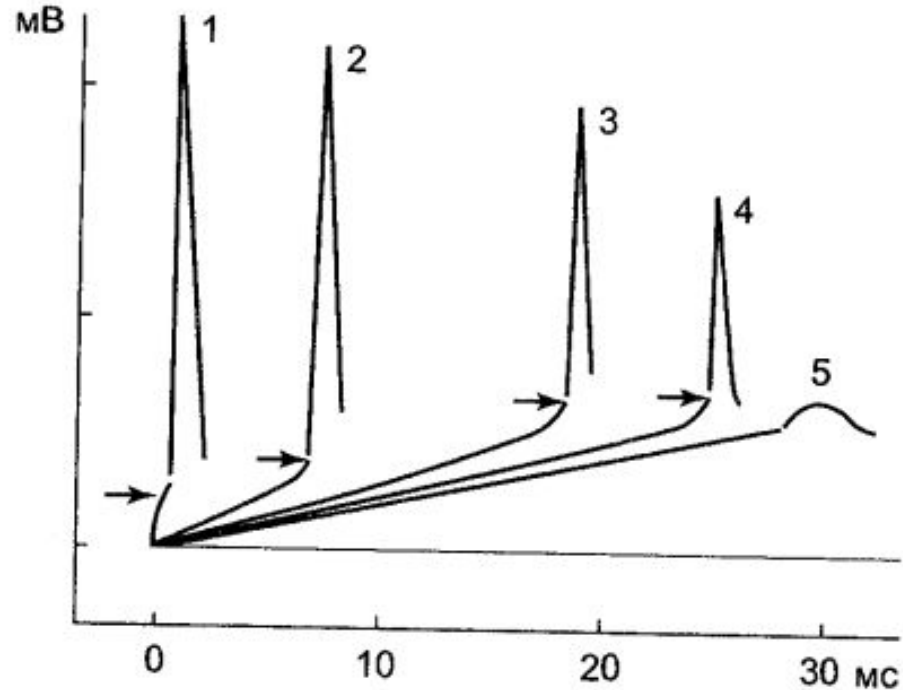
**Чем больше величина раздражителя, тем меньше времени он должен действовать на ткань**

**P – реобазы** – минимальная сила тока, способная вызвать возбуждение

Минимальное время, в течение которого нужно действовать током 1P для возбуждения – **полезное время** – ПВ

**Хронаксия** – минимальное время, в течение которого нужно действовать током, силой 2 реобазы для возбуждения

# Закон аккомодации, градиента, Дюбуа-Реймона

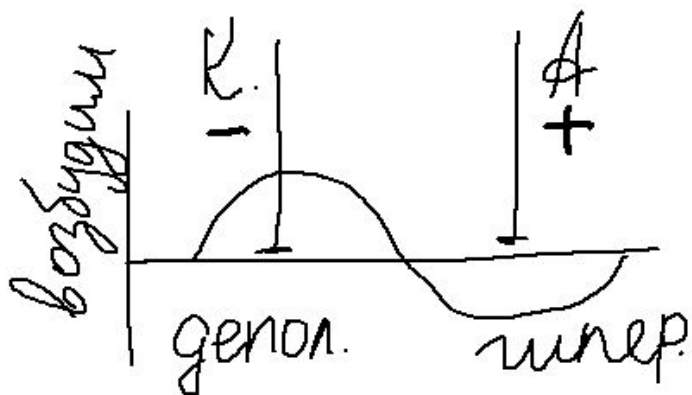
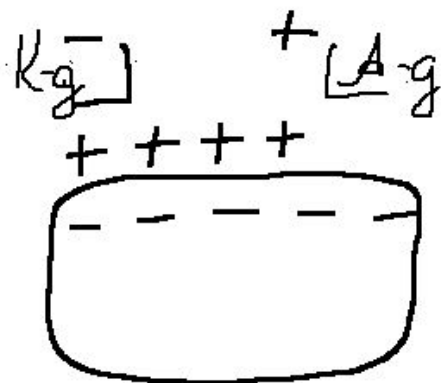


Действие раздражителя зависит не только от его абсолютной величины, но и от скорости нарастания до критической величины

Если наращивать силу раздражителя до пороговой величины медленно (с градиентом), ответная реакция может не наступить

При медленном нарастании происходит инактивация натриевых каналов раньше, чем достигается КУД

# Закон полярного действия тока (полярный закон Пфлюгера)

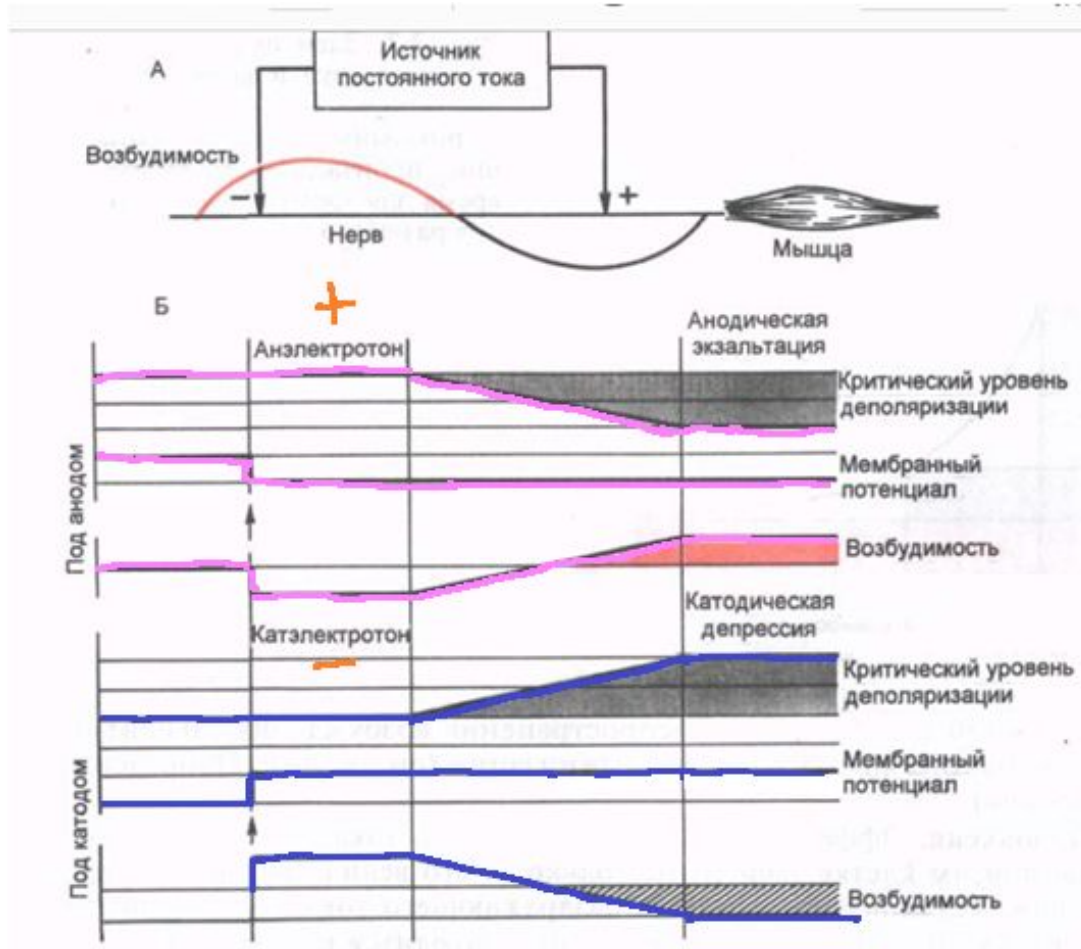


При замыкании возбуждение возникает под катодом, а при размыкании – под анодом

В области приложения катода положительный заряд на наружной поверхности мембраны уменьшается - деполяризация

В области приложения анода положительный заряд наружной поверхности мембраны возрастает – гиперполяризация. КУД смещается к уровню ПП

# Закон физиологического электротона



- Под катодом возбудимость повышается – **катэлектротон**
- Под анодом возбудимость падает – **анэлектротон**
- При дальнейшем действии постоянного тока:
- Под катодом – **катодическая депрессия** – снижение возбудимости
- Под анодом – **анодная экзальтация** – повышение возбудимости
- КД – инактивация натриевых каналов
- АЭ – снижение калиевой