

# Физиология возбудимых систем



# План лекции

- Основные понятия физиологии
- Функциональные системы организма
- Свойства возбудимых тканей
- Происхождение биопотенциалов
- Характеристика местного и распространяющегося возбуждения
- Изменение возбудимости при возбуждении
- Законы раздражения

- **Физиология** - наука о функциях организма и отдельных его частей
- **Организм** – самостоятельно существующая единица органического мира, существующая при постоянном взаимодействии с внешней средой и способная самообновляться в процессе такого взаимодействия
- **Функция** - специфическое проявление жизнедеятельности биологической системы, имеющее приспособительное значение.

# Современный этап развития физиологии

- **Системный подход** – стремление понять то или иное явление или процесс, происходящий в организме, в совокупности со всеми остальными явлениями

- **ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СИСТЕМА – СОВОКУПНОСТЬ РАЗНОРОДНЫХ ОРГАНОВ И ТКАНЕЙ, ОБЪЕДИНЕННЫХ НА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ОСНОВЕ ДЛЯ ДОСТИЖЕНИЯ КАКОГО-ЛИБО ПОЛЕЗНОГО РЕЗУЛЬТАТА**

# ОБЩАЯ СХЕМА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ



# Основные проявления жизнедеятельности

- Физиологический покой

- Физиологическая активность

Раздражение

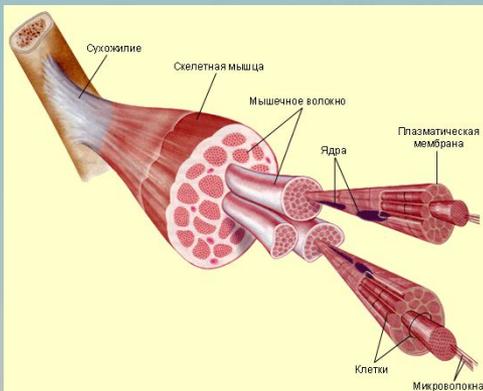
Возбуждение

Торможение

Раздражимость – способность живых систем реагировать на действие раздражителей (изменения внешней и внутренней среды) изменением своей структуры и функции.  
Возбудимость – способность отвечать на действие раздражителей процессом возбуждения.

Возбудимые ткани:

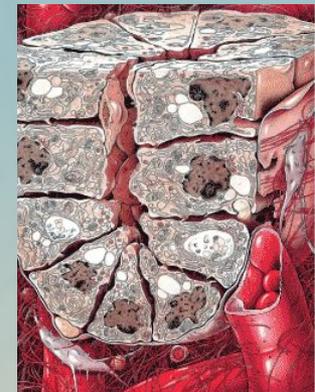
мышечная



нервная



железистый  
эпителий



Процесс возбуждения – сложный, универсальный физиологический процесс, заключающийся в деполяризации клеточных мембран.

Неспецифические проявления:

- изменение проницаемости мембран для ионов;
- усиление обмена веществ;
- выделение энергии.

Специфические проявления:

- для мышечной ткани – сокращение;
- для нервной ткани – проведение нервного импульса;
- для железистой ткани – выделение секрета.

Порог раздражения – минимальная сила раздражителя, способная вызвать процесс возбуждения.

## Типы раздражителей

### по силе:

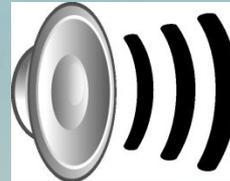
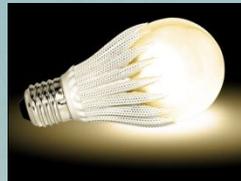
- подпороговые;
- пороговые;
- сверхпороговые.

### по природе:

- физические;
- химические ;
- биологические.

### По степени приспособленности организма к восприятию:

- адекватные;
- неадекватные.



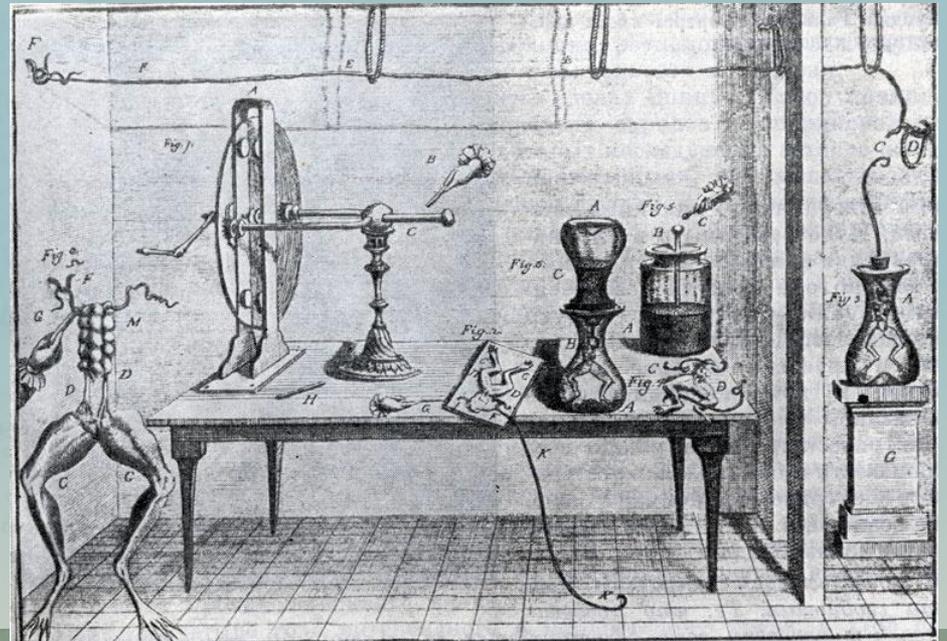
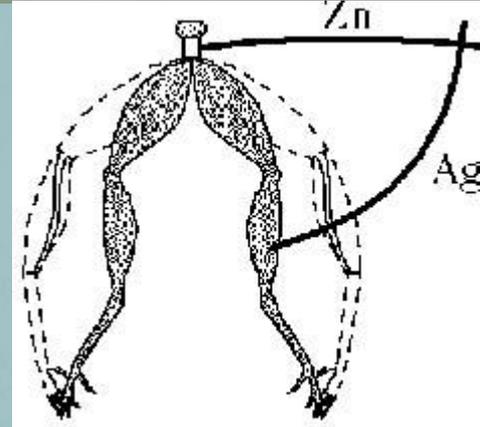
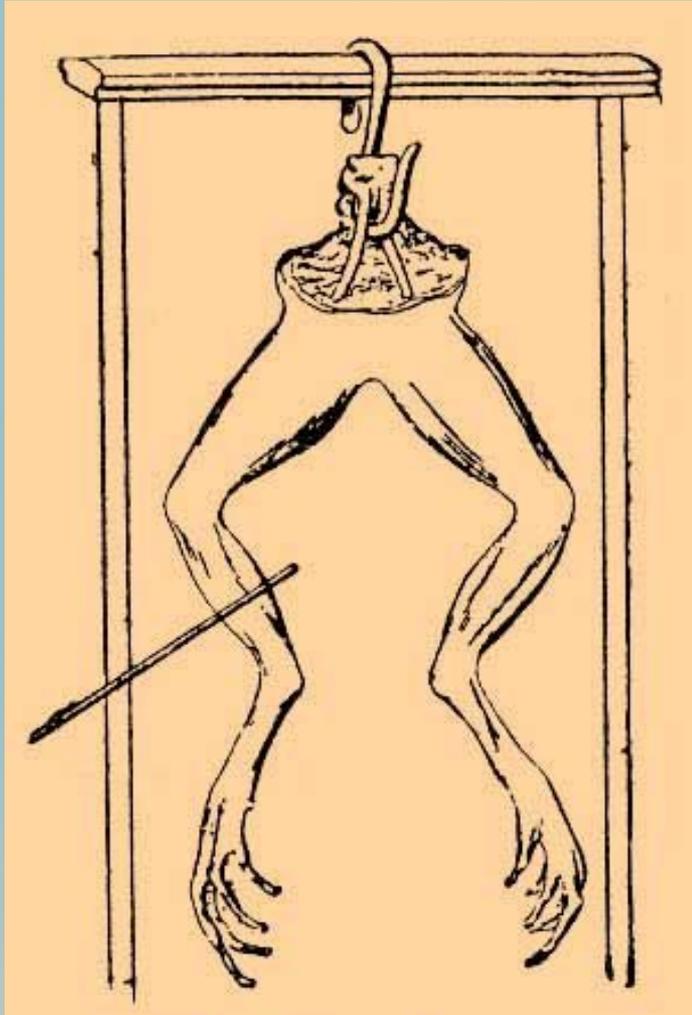
Для возникновения процессов возбуждения необходимы 2 условия:

- наличие раздражителя (фактора внешней или внутренней среды, действующего долго и с достаточной силой);
- наличие возбудимости- готовность к возбуждению (основное свойство).

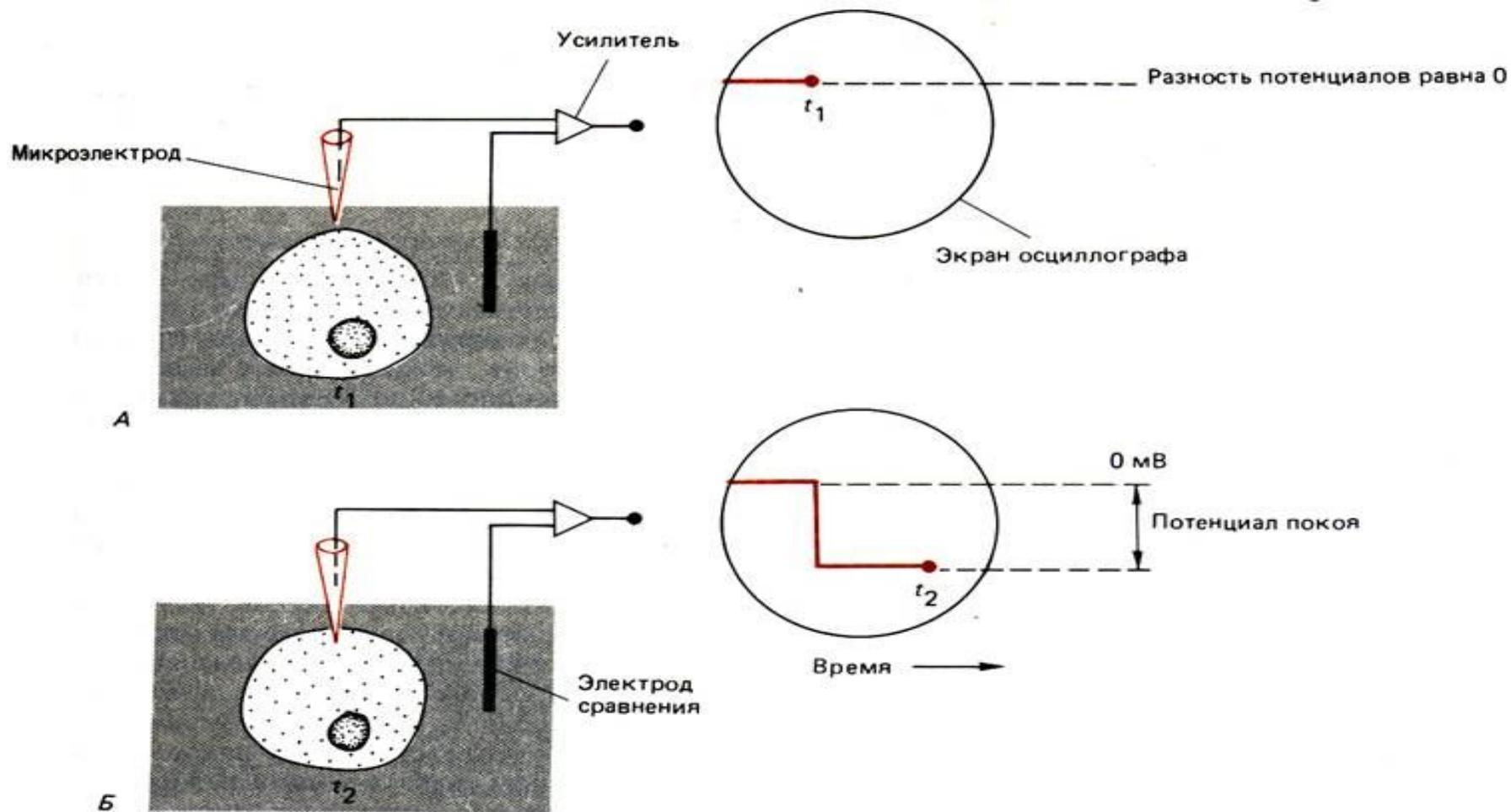
Проводимость – способность к проведению возбуждения

Лабильность – функциональная подвижность – способность реагировать на раздражитель с определенной скоростью.

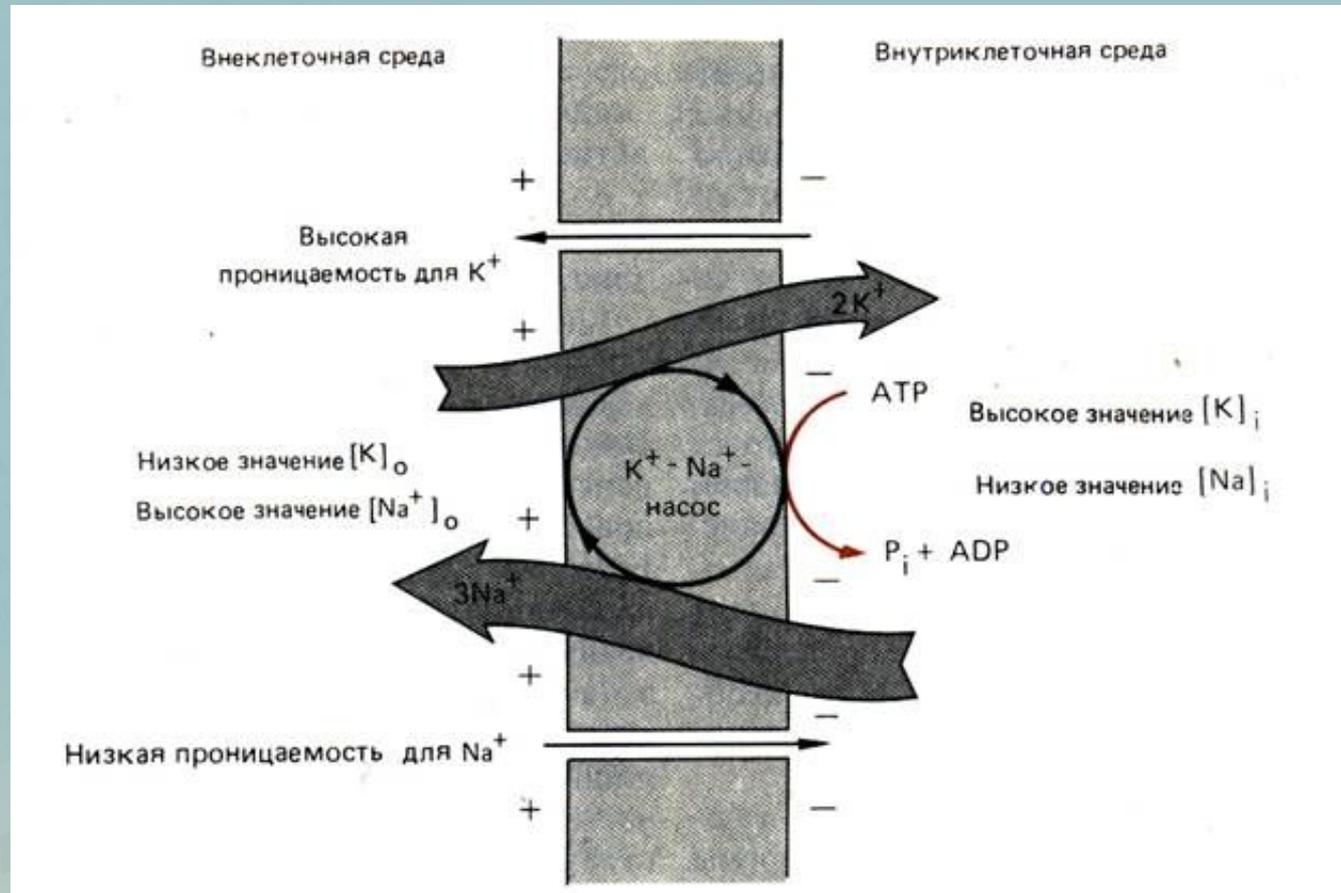
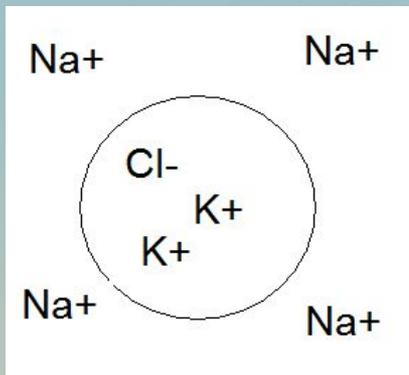
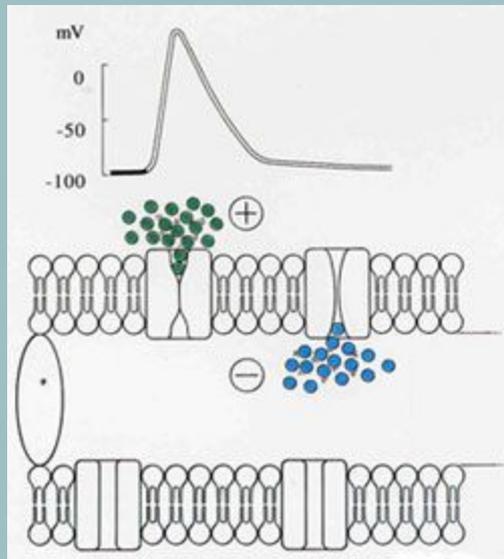
# ЛУИДЖИ ГАЛЬВАНИ



## 2. Регистрация мембранного потенциала.



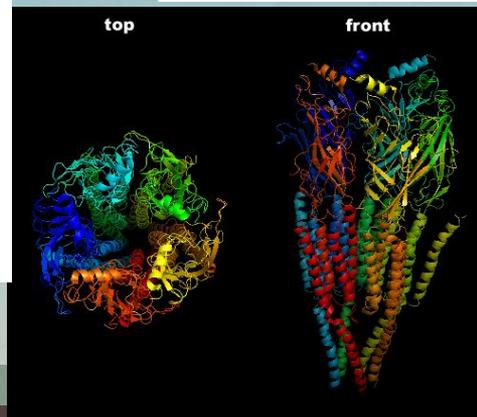
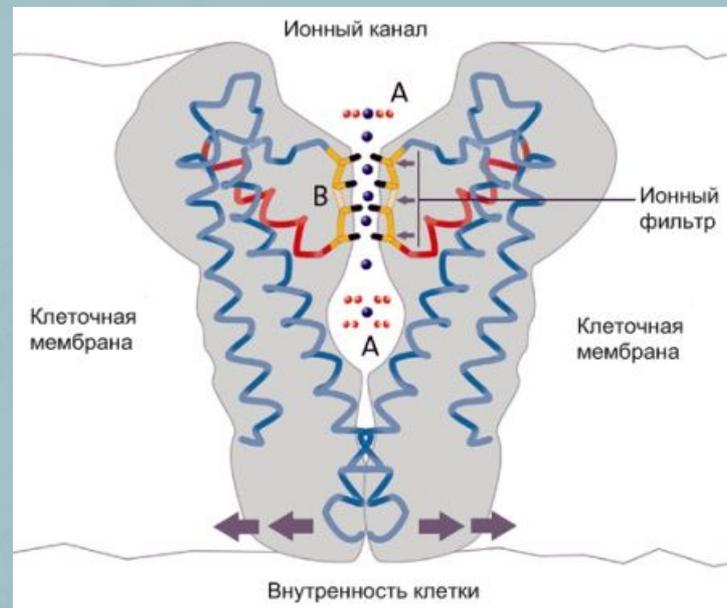
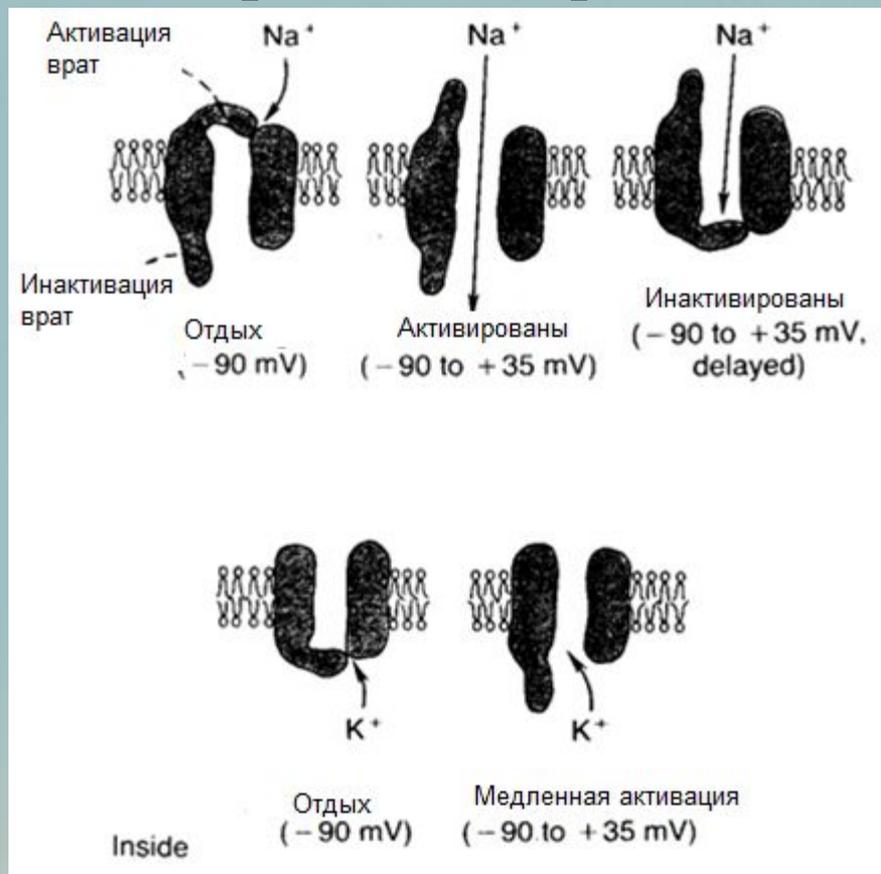
## 2. Мембранный потенциал – потенциал покоя – разность заряда между внутренней и наружной частями клетки.



# Происхождение биопотенциалов

- Мембранно – ионная теория (Ю. Бернштейн, 1902г.)
  1. Свойства мембраны – избирательная проницаемость
  2. Ионный механизм: наличие градиента концентраций ионов по обе стороны мембраны, пассивный и активный транспорт ионов через мембрану

Ионные каналы – интегральные белки клеточной мембраны, способные избирательно пропускать ионы. Движение ионов происходит по концентрационным и электрическим градиентам.

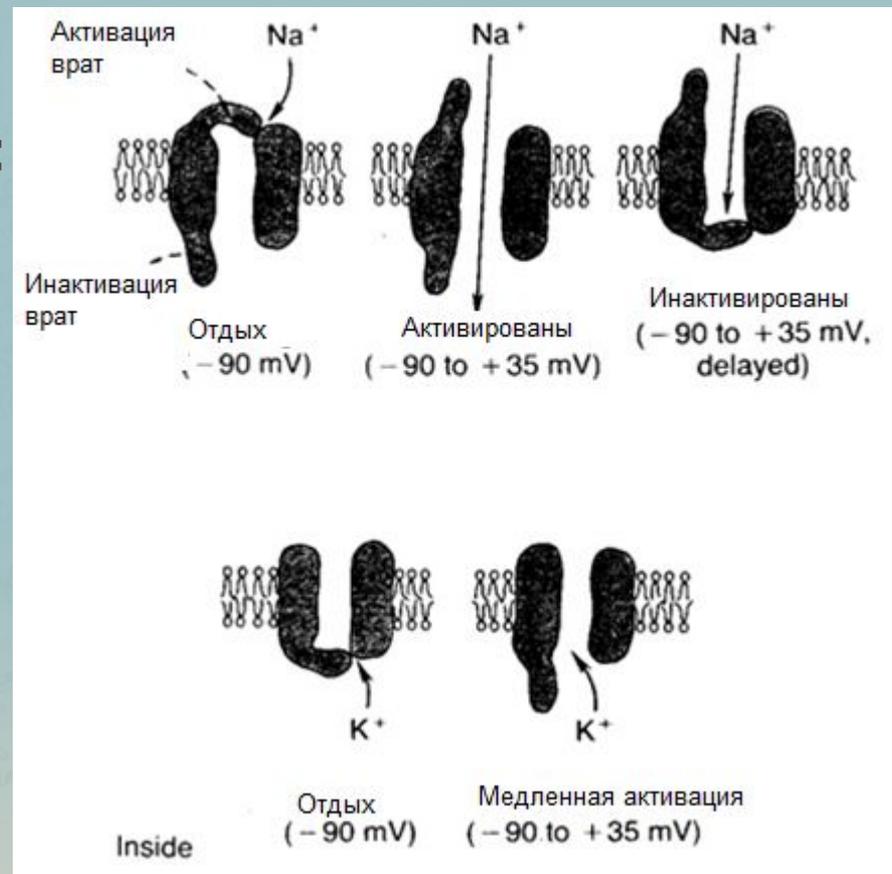


# Проницаемость ионных каналов регулируется изменением электрического поля мембраны за счет:

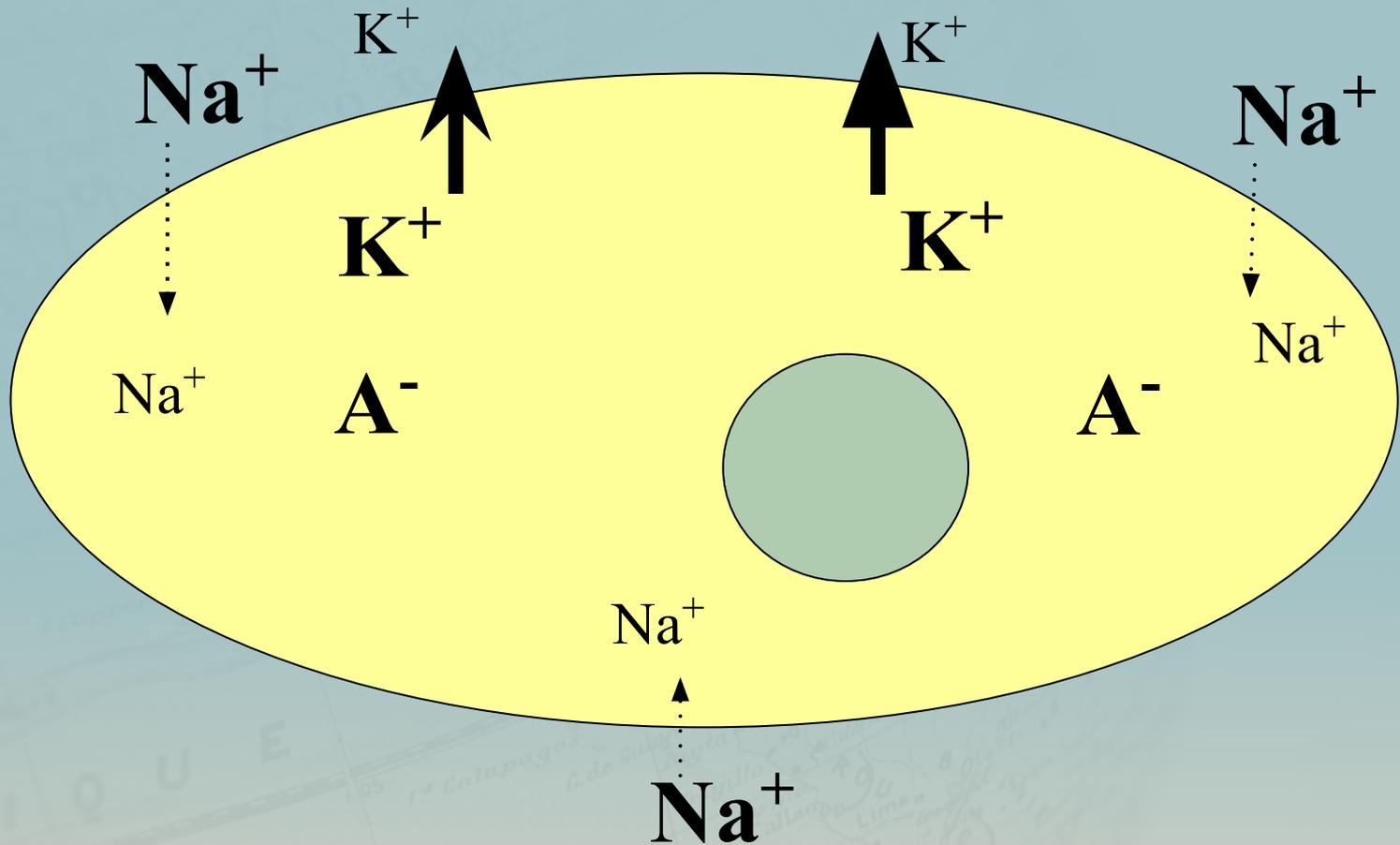
- потенциал-управляемых каналов;
- хемоуправляемых каналов.

## По времени срабатывания:

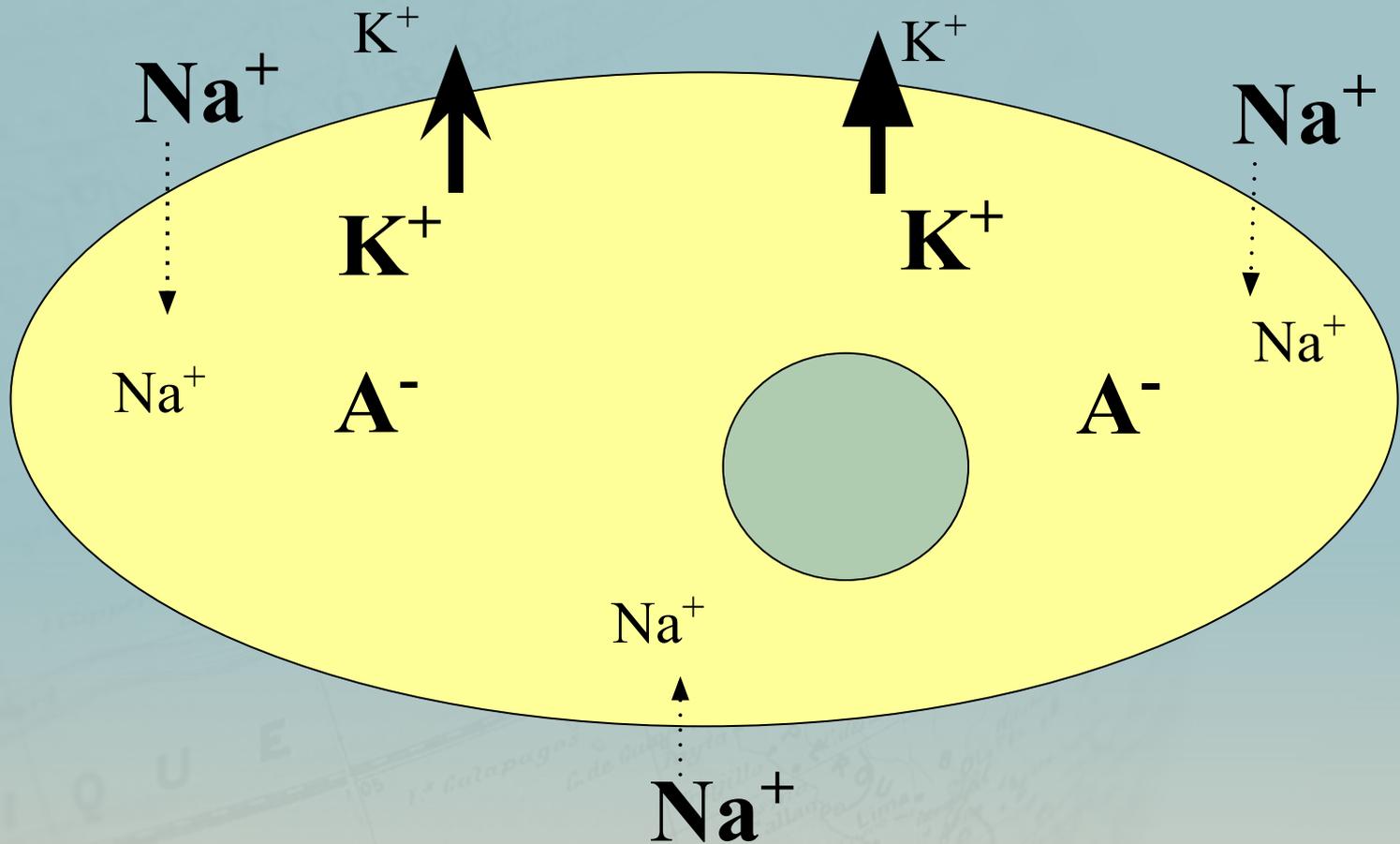
- быстрые (миллисекунды);
- медленные (сотни миллисекунд).



# Распределение ионов по обе стороны мембраны клетки



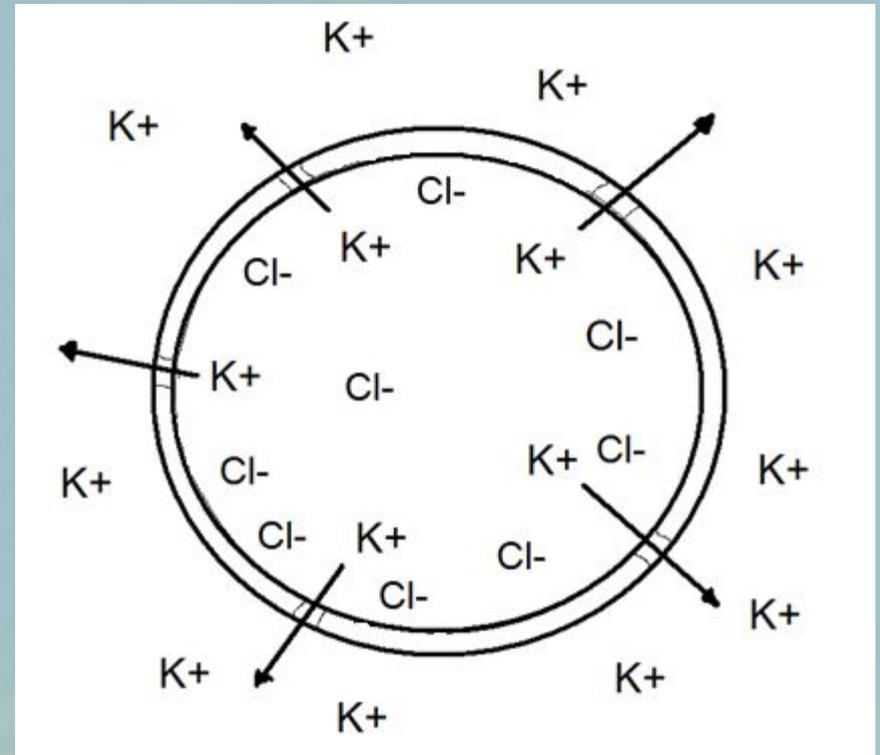
# Распределение ионов по обе стороны мембраны клетки



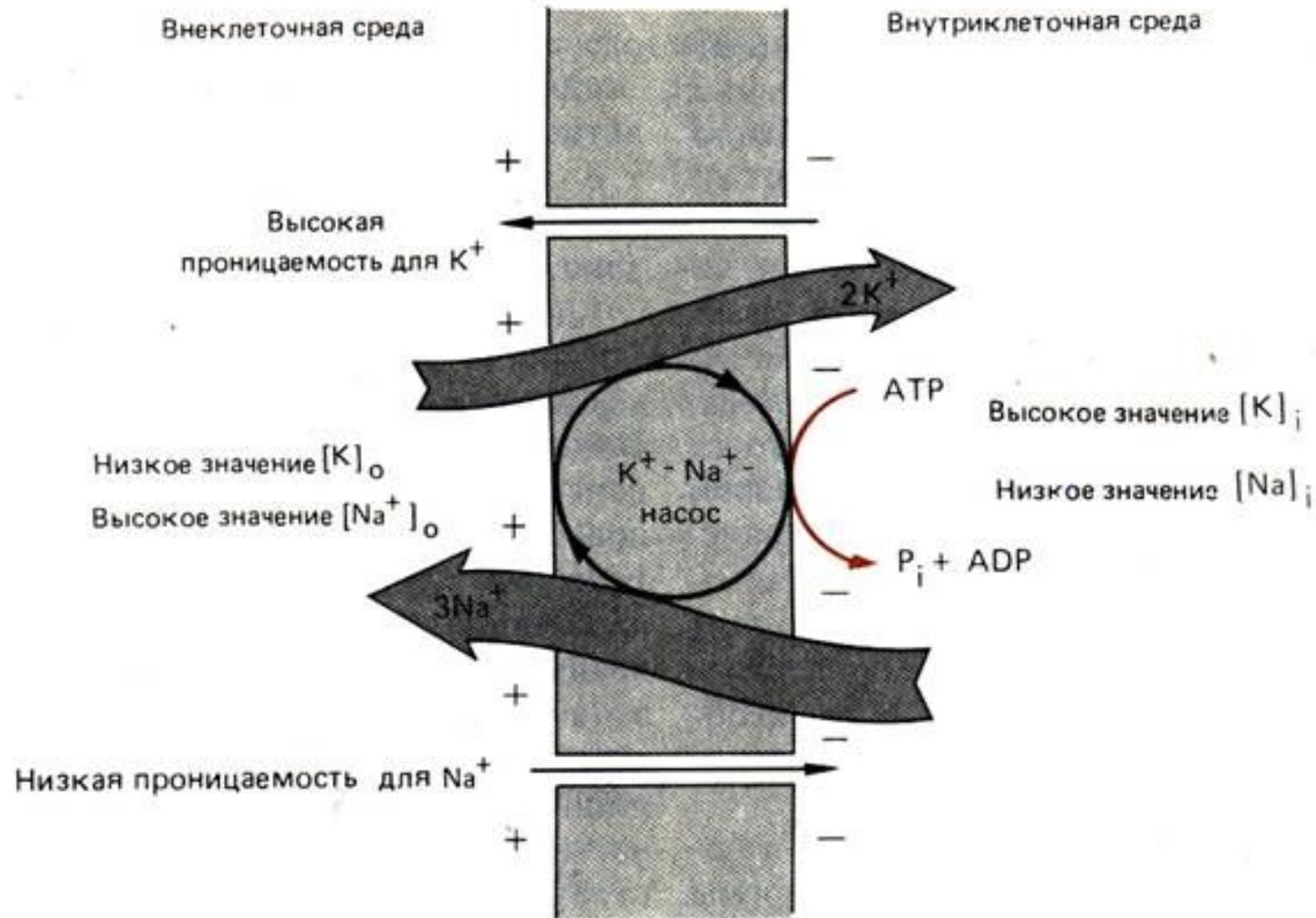
## В состоянии покоя: мембрана более проницаема для калия

клетка стремится вывести ионы  $K^+$  из клетки, за ними стремятся ионы  $Cl^-$ , но не выходят из клетки, следовательно внутри клетки накапливается отрицательный заряд, а вне клетки – положительный.

Потенциал мембраны  $-60$  -  $-90$  мВ.



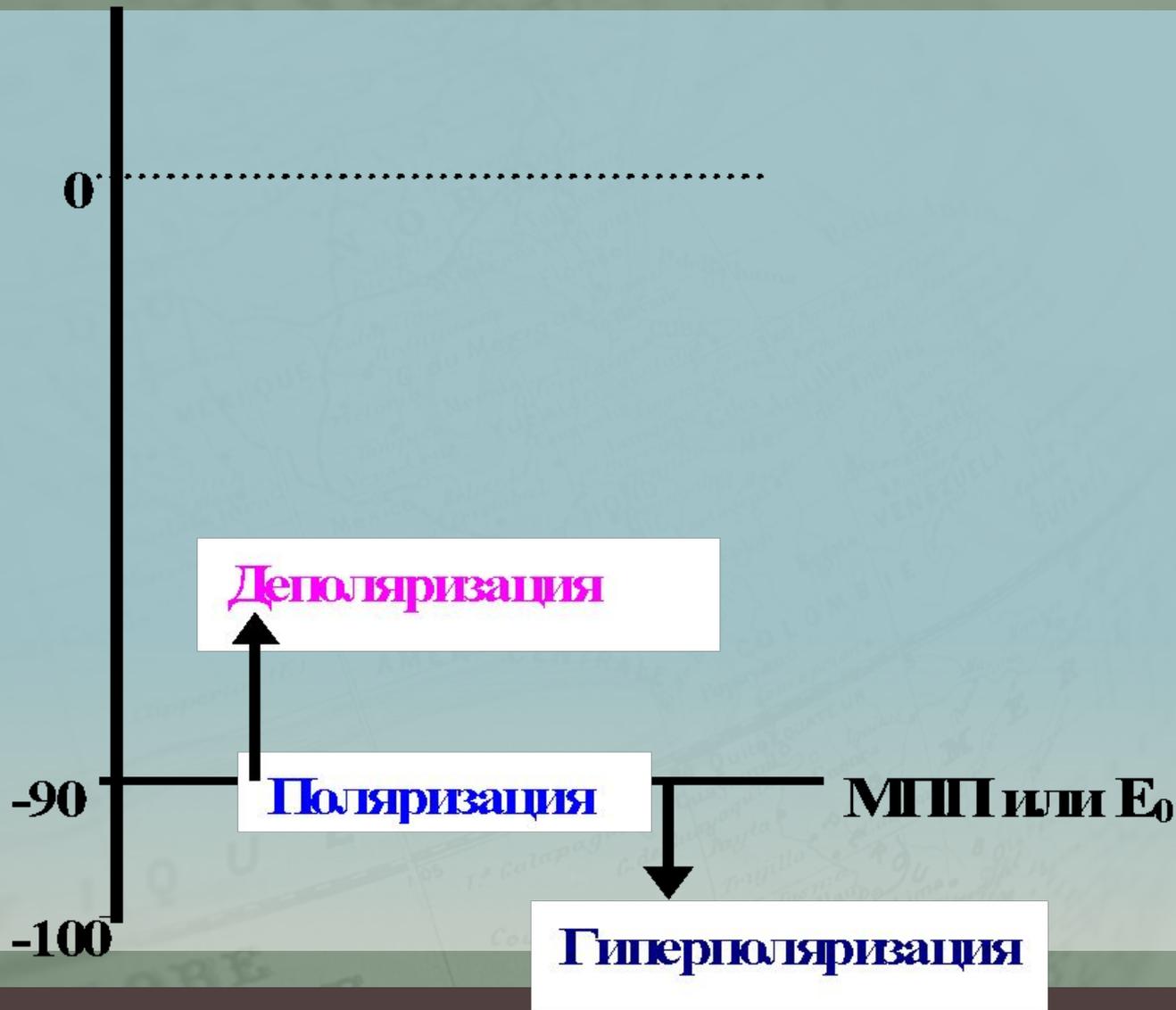
Уравнение Нернста: асимметричная работа Na-K-насоса : на 2 иона  $K^+$  из неё выводятся 3 иона  $Na^+$ .  
Поляризация мембраны: -10 мВ.



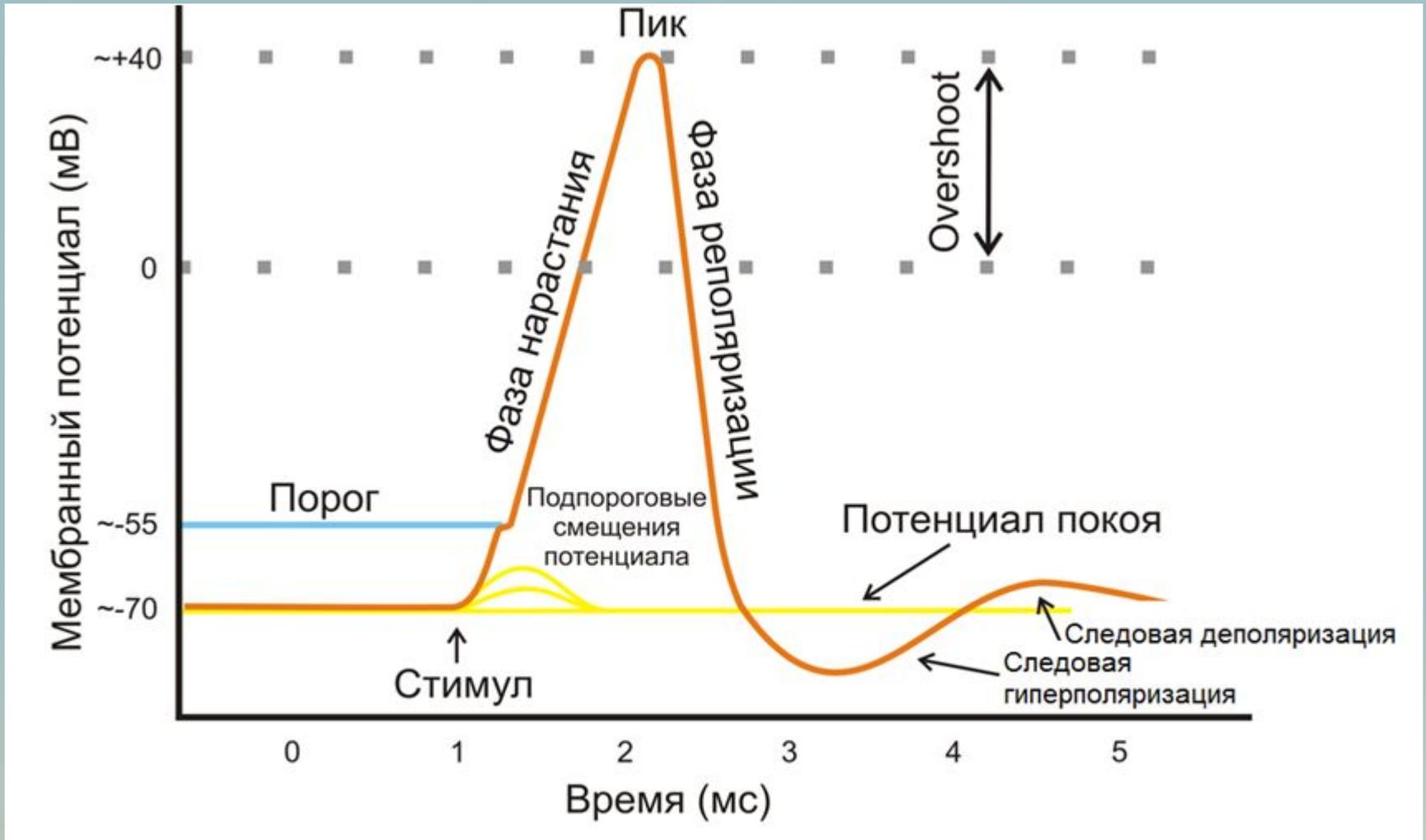
# Значение K-Na насоса

- Обеспечивает движение ионов против градиента концентраций
- Восстанавливает градиент концентрации ионов
- Поддерживает мембранный потенциал
- На работу насоса затрачивается энергия

# ТРИ СОСТОЯНИЯ МЕМБРАНЫ

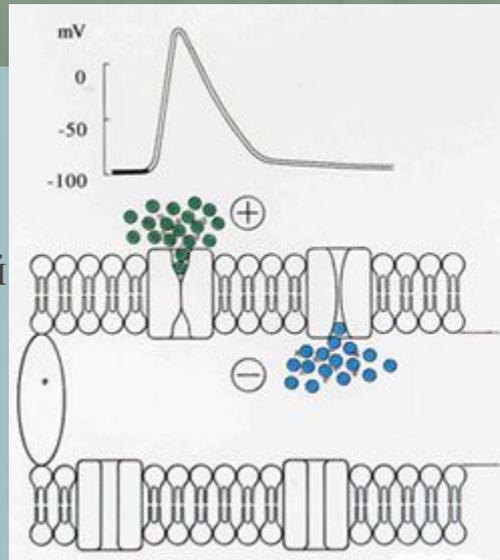


# 3. Потенциал действия

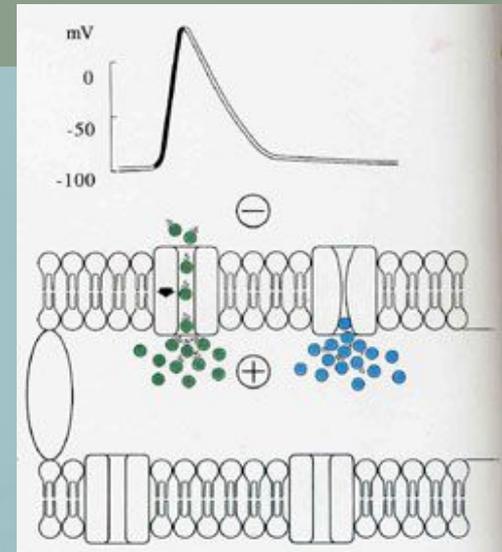


# Механизмы формирования потенциала действия:

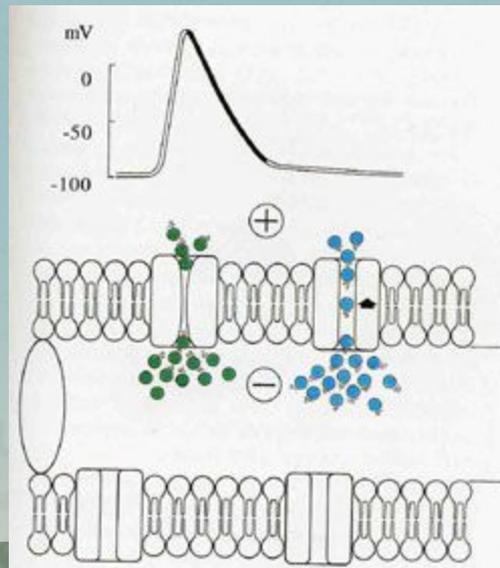
Нервное волокно полностью поляризовано избытком ионов Na (зеленые) с наружной стороны и ионов K (синие) с внутренней стороны мембраны



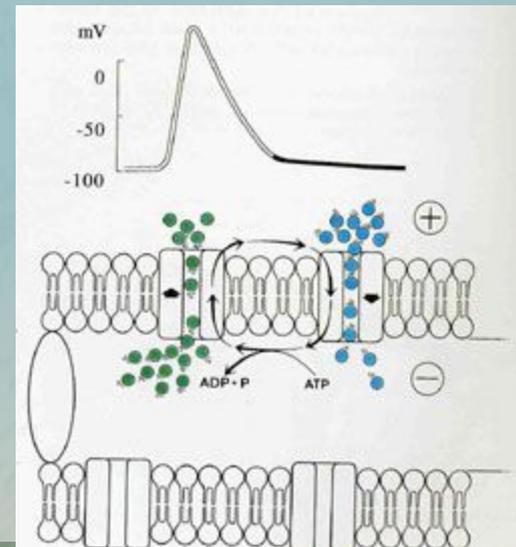
Фаза деполяризации: проникновение Na внутрь клетки до достижения пика



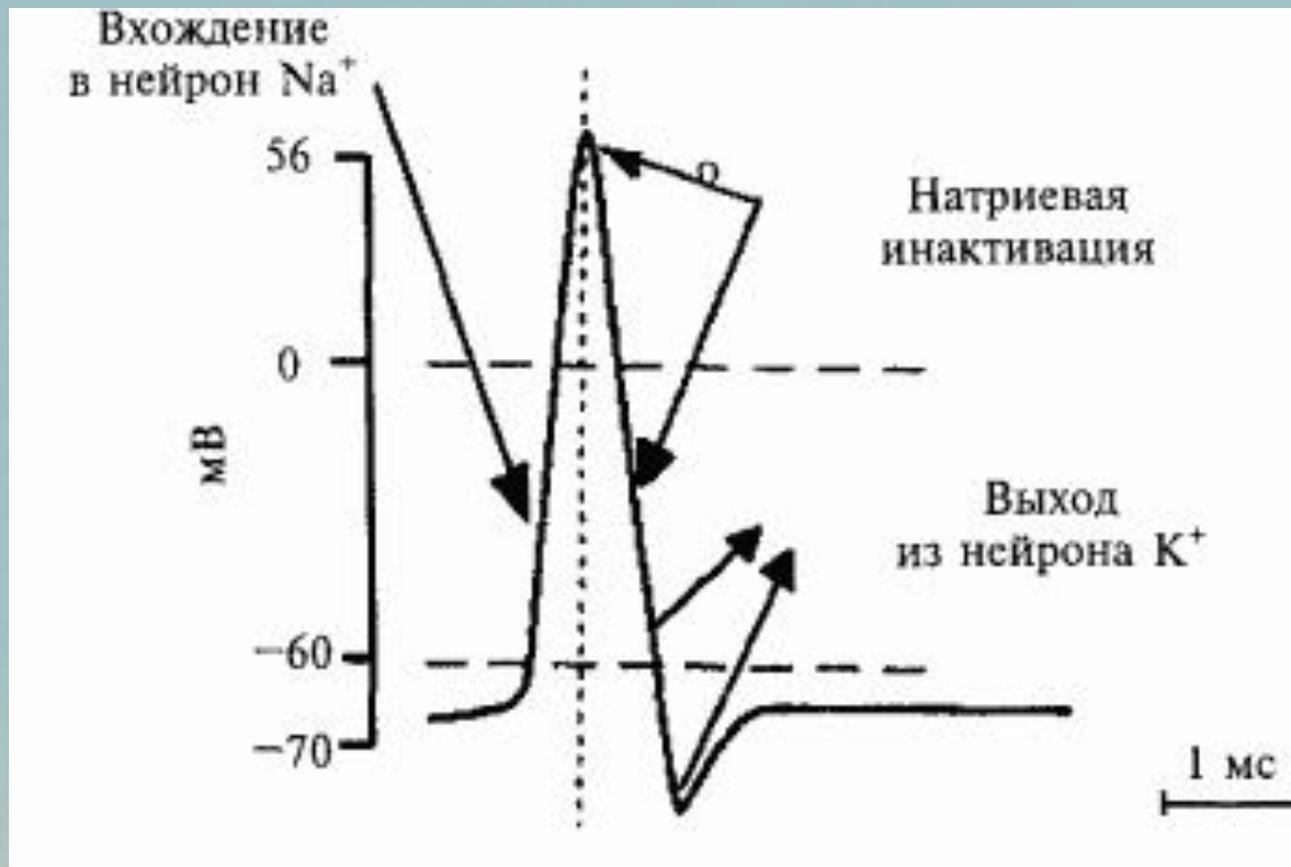
Пик и инактивация Na каналов. Реполяризация происходит из-за движения ионов K наружу из клетки



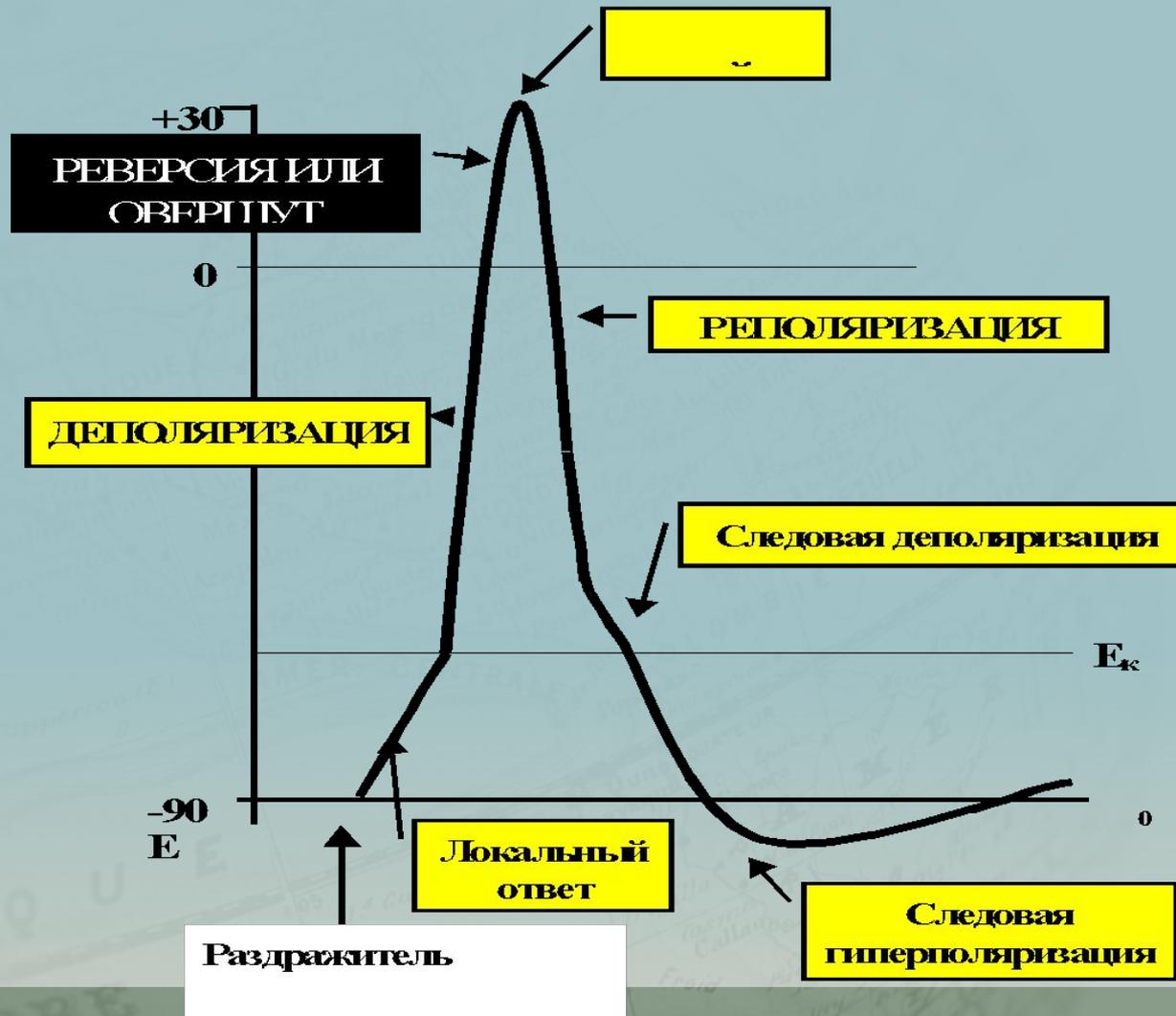
Нервное волокно полностью поляризовано. Натрий-калиевый насос возвращает ионы на исходные позиции



# Схема событий при возбуждении нейрона

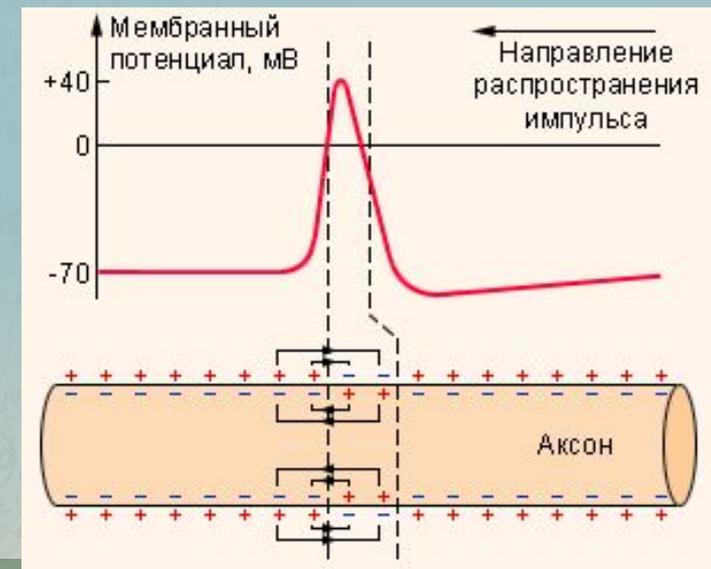
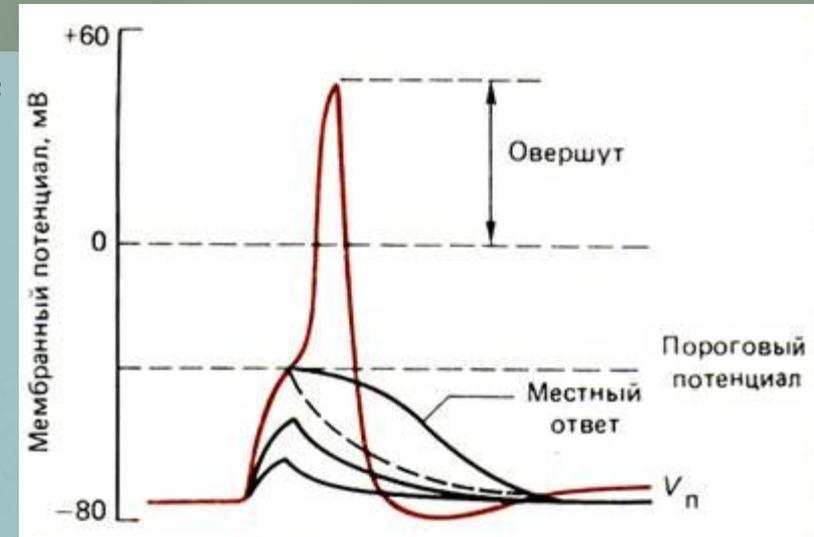


# Потенциал действия (МПД)



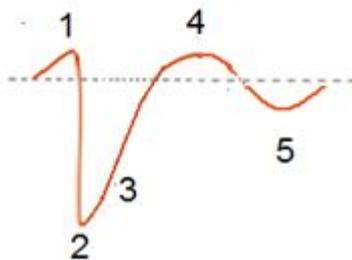
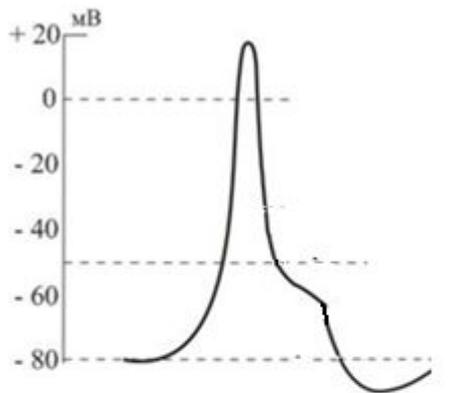
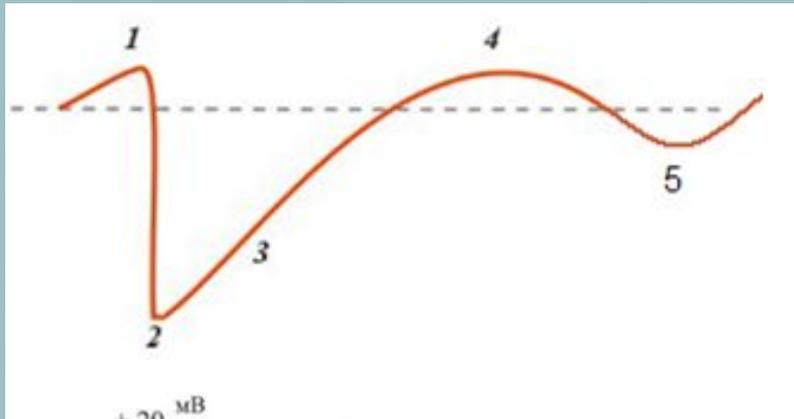
# Фаза деполяризации:

- местное возбуждение – возбуждение в месте действия раздражителя до достижения - 60 мВ – критического уровня деполяризации (КУД);
  - электрическая деполяризация (половина порога -70 мВ) – является пассивной;
  - локальный ответ – препотенциал (достигает КУД от -70 до -60 мВ) – возникает при действии подпороговых раздражителей;
- распространяющееся возбуждение – потенциал действия - это истинное возбуждение, приводящее к ответной реакции.



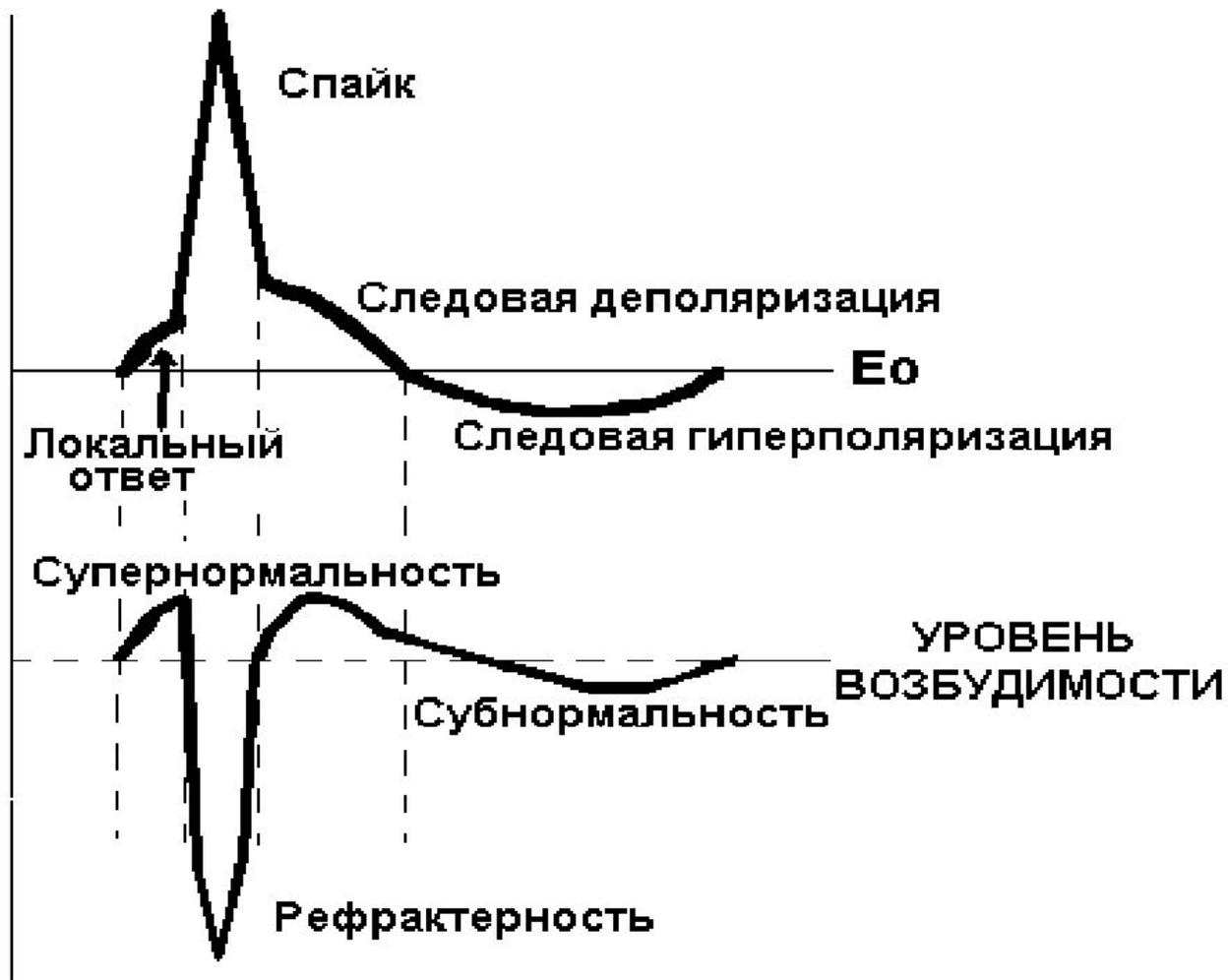
<b>Местное возбуждение</b>	<b>Распространяющееся возбуждение</b>
1. Нет латентного периода	1. Есть латентный период
2. Градуальность (чем больше сила раздражения, тем больше выражено)	2. Не Градуально (не зависит от силы)
3. Не характерна невозбудимость (повышенная возбудимость)	3. Рефрактерность
4. Наличие декремента (интенсивность процесса более выражена в месте действия раздражителя)	4. Нет декремента
5. Способно к суммации	5. Не суммируется
6. Не связано с физиологическим проявлением	6. Связано с внешним проявлением
7. Способно затухать	7. Необратимый процесс

# ДИНАМИКА ВОЗБУДИМОСТИ НА ФОНЕ ВОЗБУЖДЕНИЯ



1. Фаза повышенной возбудимости.
2. Фаза рефрактерности.
3. Фаза относительной рефрактерности.
4. Фаза экзальтации – супернормальности.
5. Фаза субнормальности

# СООТНОШЕНИЕ ФАЗ ВОЗБУДИМОСТИ С ФАЗАМИ ПОТЕНЦИАЛА ДЕЙСТВИЯ



# ЗАКОНЫ РАЗДРАЖЕНИЯ

1. Закон силы – чем сильнее раздражение, тем сильнее ответная реакция.

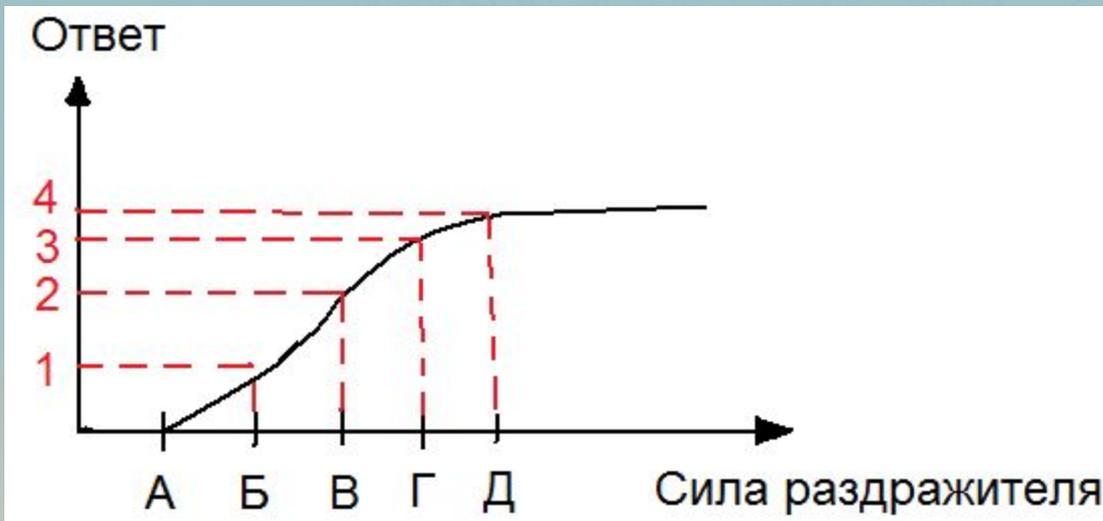
А – подпороговый

Б – пороговый

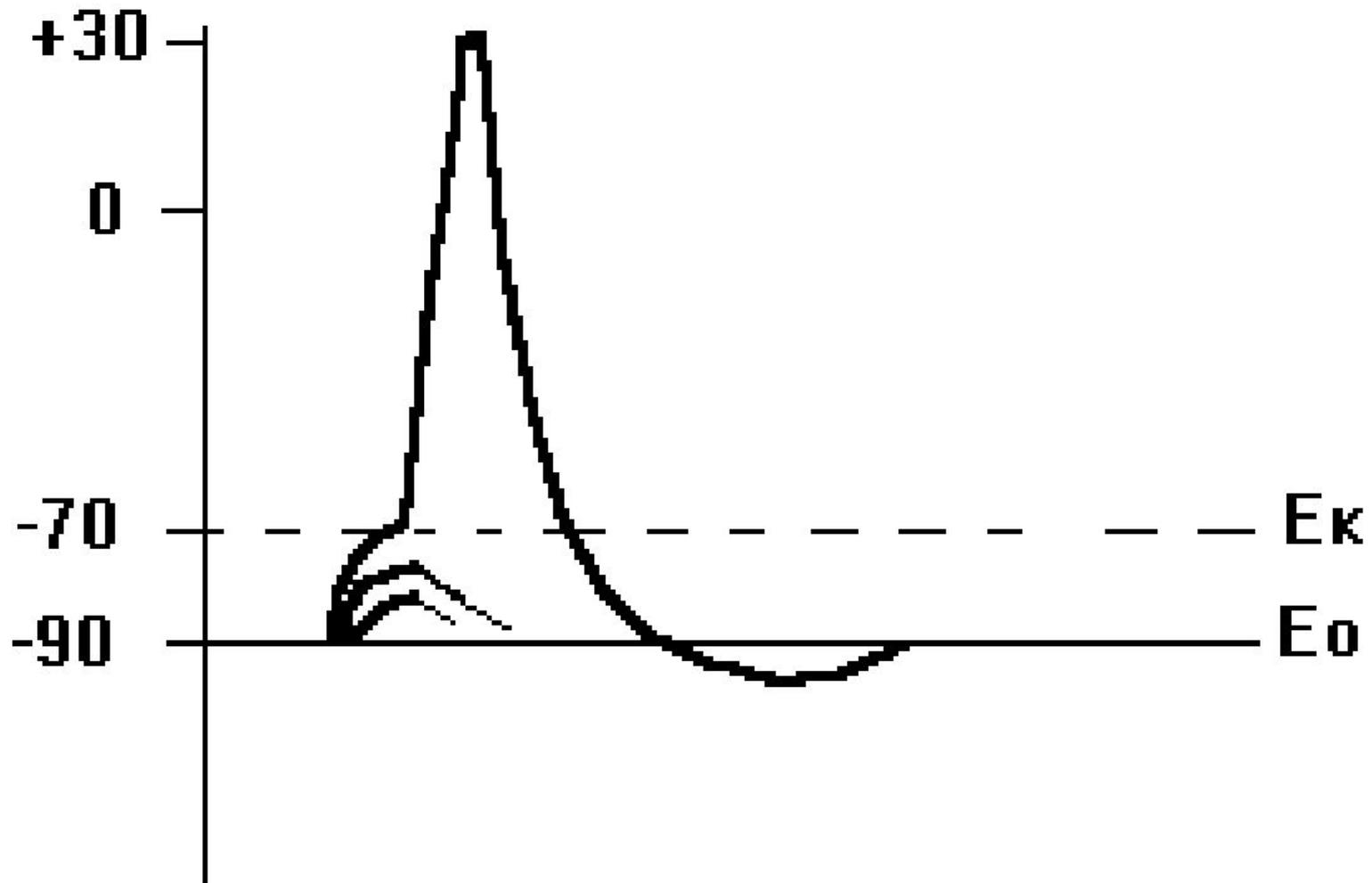
В – субмаксимальный

Г – тах раздражительность

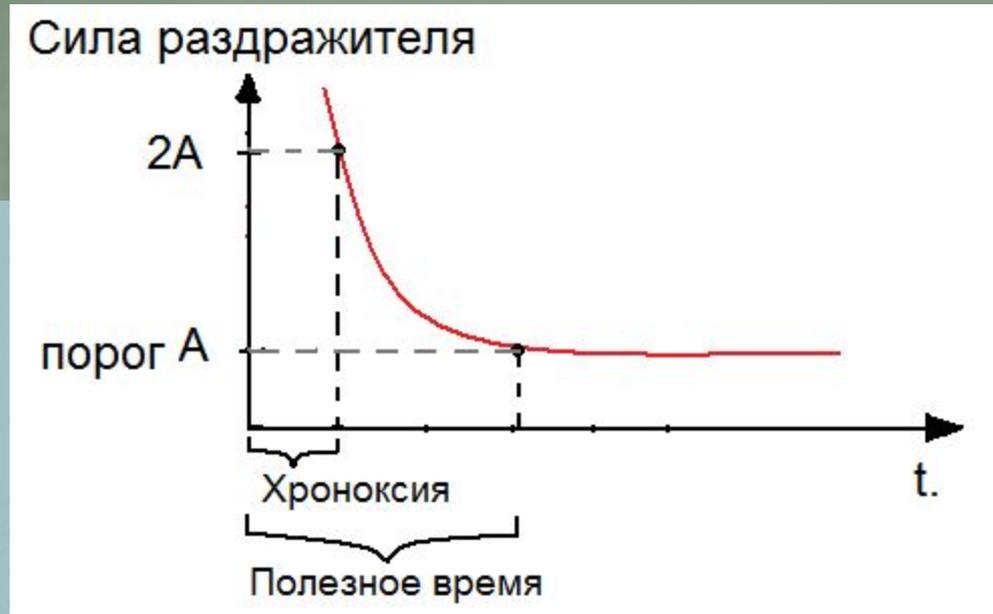
Д - супермаксимальная



# ЗАКОН “ВСЕ ИЛИ НИЧЕГО”



2. Закон силы-времени – чем выше сила, тем меньше времени требуется для ответной реакции, и наоборот  
Реобаза – пороговое раздражение



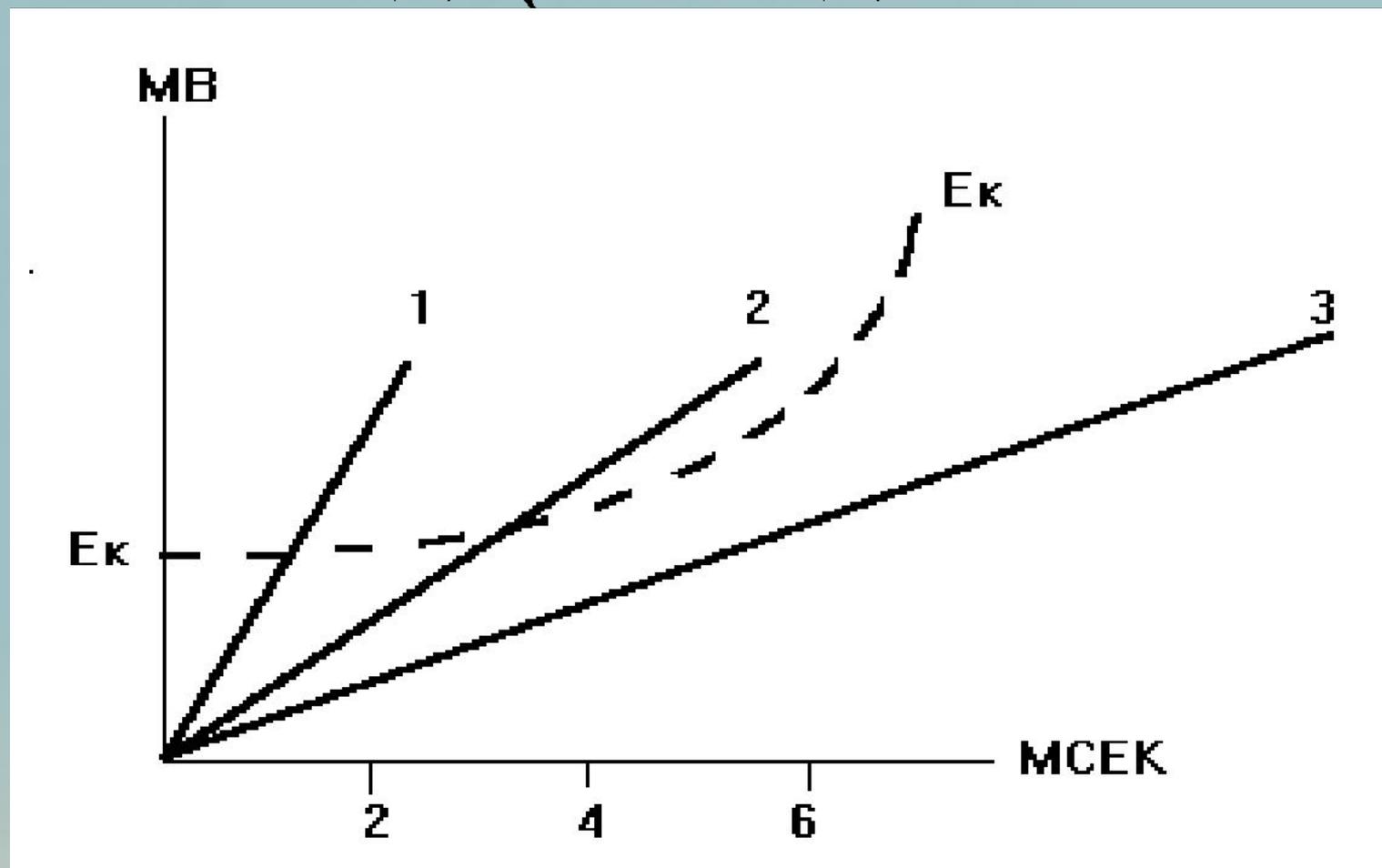
Хроноксия – время, в течении которого возникает ответная реакция, при силе, равной двум пороговым

Полезное время – время, которое надо затратить, чтобы при силе равной пороговой получить ответную реакцию

### 3. Закон градиента раздражения:

- При воздействии медленно нарастающих по силе раздражителей увеличивается порог возбудимости, что обусловлено:
  - повышением критического уровня деполяризации
  - инактивацией быстрых натриевых каналов.
- При медленном нарастании силы раздражителя до пороговой величины натриевые каналы закрываются раньше, чем потенциал достигнет критического уровня => развивается *стойкая деполяризация мембраны*. сопровождается низкой возбудимостью.

# ЗАКОН ГРАДИЕНТА РАЗДРАЖЕНИЯ



# ПАРАБИОЗ И ЕГО ФАЗЫ

- Уравнительная
- Парадоксальная
- Тормозная

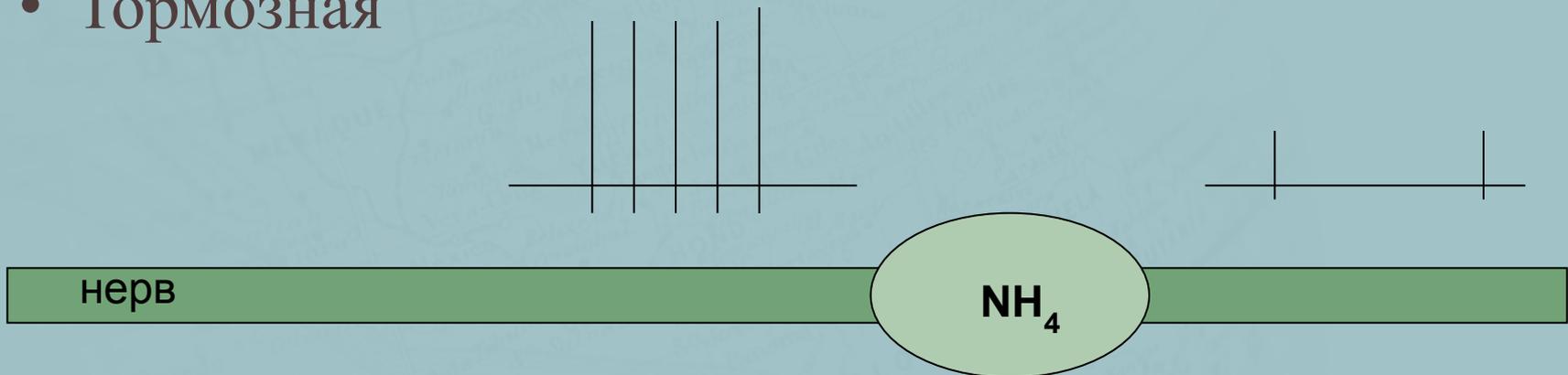
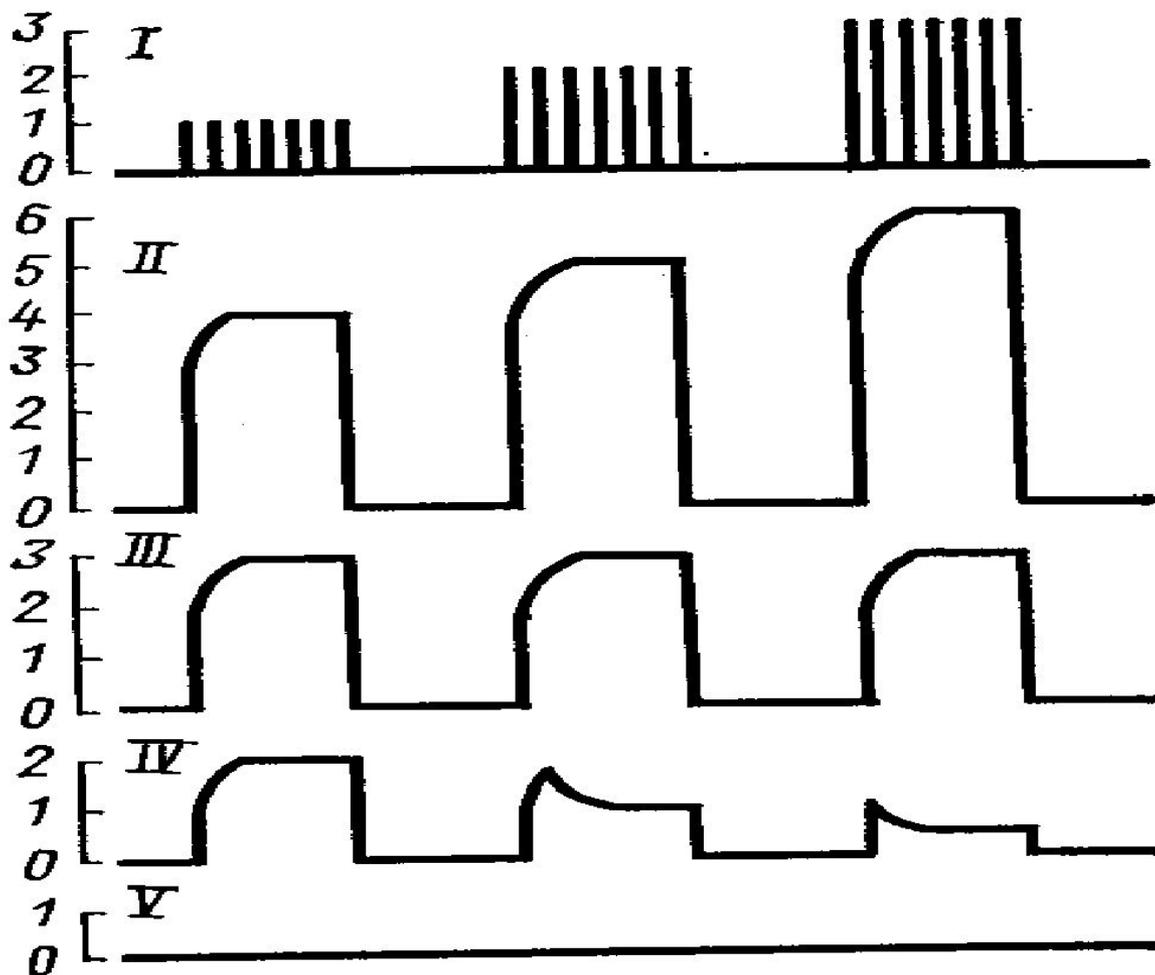


Рис. 78. Парабиоз и его фазы. *I* — раздражители разной силы и ответные реакции на них; *II* — до парабиоза; *III* — в уравнительную; *IV* — парадоксальную; *V* — тормозную фазу парабиоза

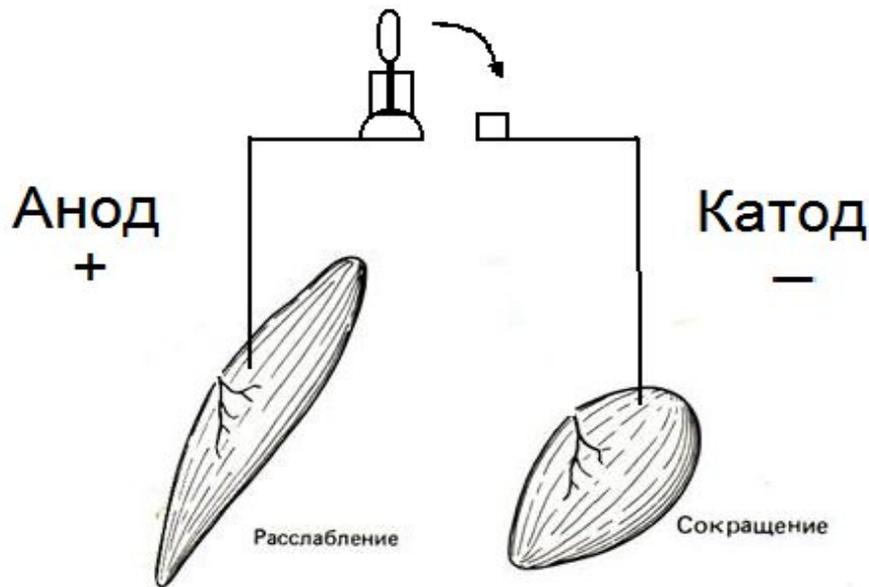


# ЗАКОНЫ ДЕЙСТВИЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА

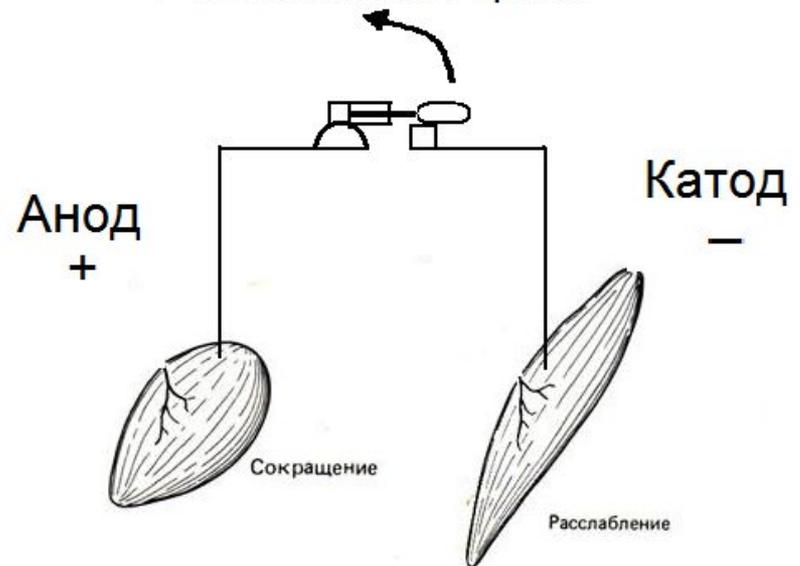
## 1. Закон полярного действия:

в момент замыкания цепи возбуждение возникает на катоде (КЗС), при размыкании- на аноде(АРС).  
 $KЗС > APC$

Замыкание цепи

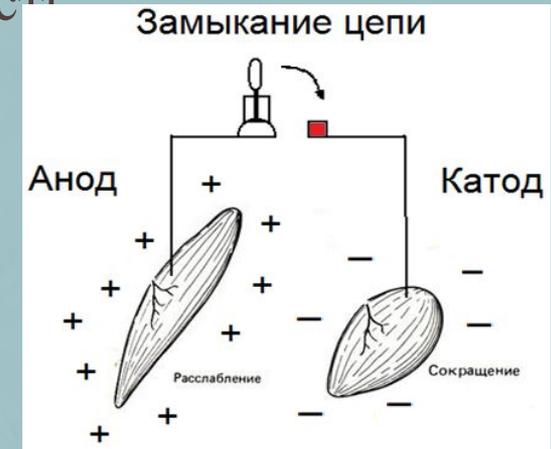


Размыкание цепи



## 2. Закон физиологического электротонуса:

- В момент замыкания цепи на катоде возбудимость повышается (явление “катэлектротона”), что связано с деполяризацией мембраны.
- На аноде в это время – гиперполяризация и снижение возбудимости ( явление “анэлектротона”).



### Дополнения к закону:

- Вериге, явление “катодической депрессии”: при длительном действии тока или при действии сильного тока на катоде развивается стойкая деполяризация мембраны => резкое снижению возбудимости и проводимости.
- Н.С. Введенский, переэлектротонические изменения: изменения возбудимости и проводимости есть не только под полюсами, но и вокруг.
  - перикатэлектрон
  - перианэлектрон