

# Лекции по нормальной физиологии

Лектор –  
доцент кафедры  
нормальной физиологии  
Тютюнщикова  
Валентина  
Дмитриевна



# Вводная лекция

ПРЕДМЕТ ФИЗИОЛОГИЯ

# Физиология

- – наука о функциях и процессах в организме и механизмах их регуляции,
- обеспечивающих жизнедеятельность при взаимодействии с окружающей средой.

# Роль физиологии

- Формирует понимание и дает знания о:
  - - об условиях, необходимых для обеспечения здоровья,
  - способах поддержания уровня здоровья
  - - методах оценки уровня здоровья

# Области физиологии

# Физиология

```
graph TD; A[Физиология] --> B[Общая]; A --> C[Частная]; A --> D[Сравнительная]; A --> E[Прикладная]; A --> F[Эволюционная];
```

Общая

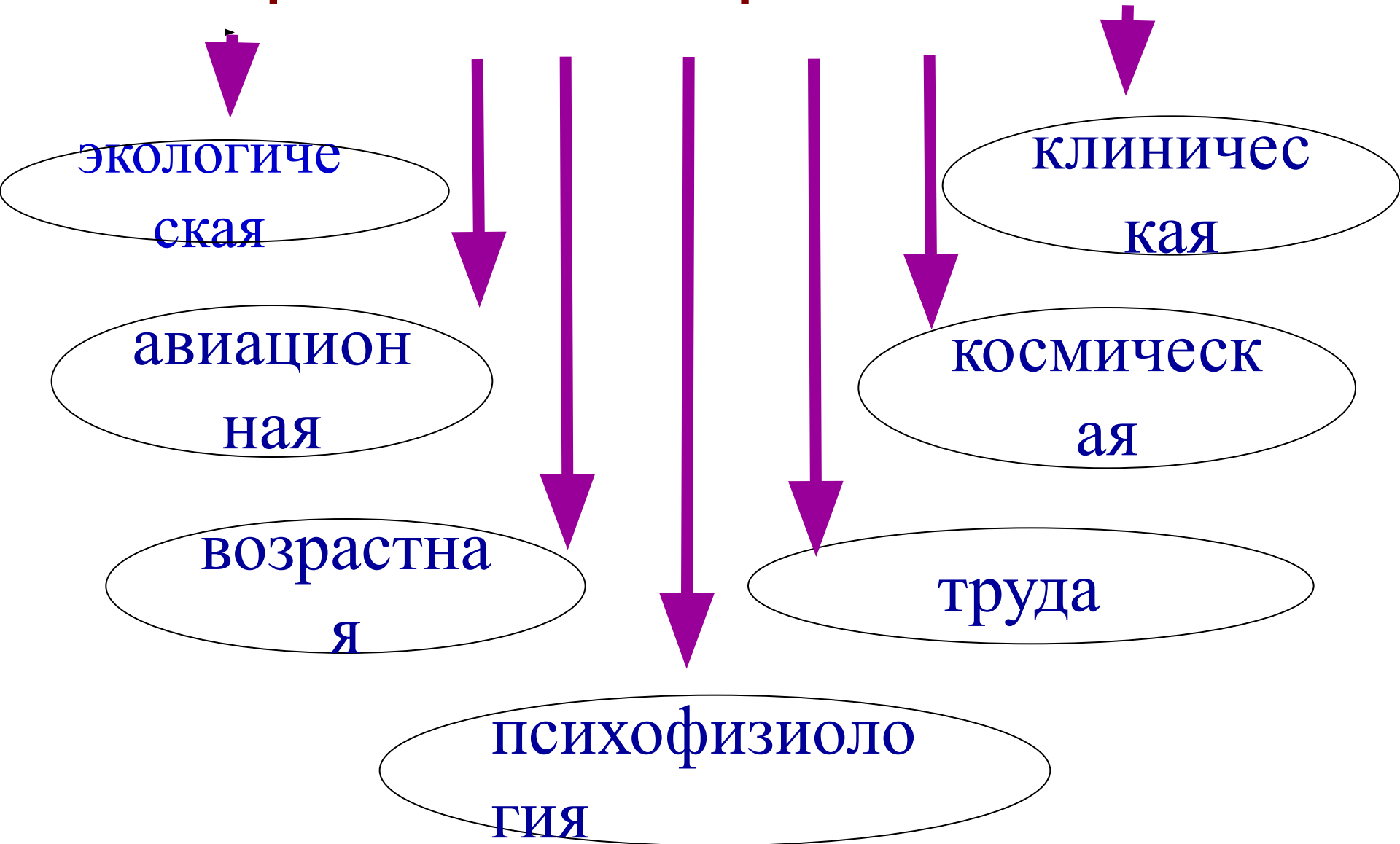
Прикладная

Частная

Эволюционная

Сравнительная

# Прикладная физиология



Методы физиологии

эксперименталь

ный

наблюдение

моделирование



# Термины физиологии

- **Функция** – специфическая деятельность систем или органа.
- **Процесс** – последовательная смена явлений или состояний в развитии какого-либо действия.
- Или совокупность последовательных действий, направленных на достижение определенного результата.

- **Система в физиологии** – совокупность органов или тканей, связанных общей функцией.
- **Норма** – это пределы оптимального функционирования живой системы.

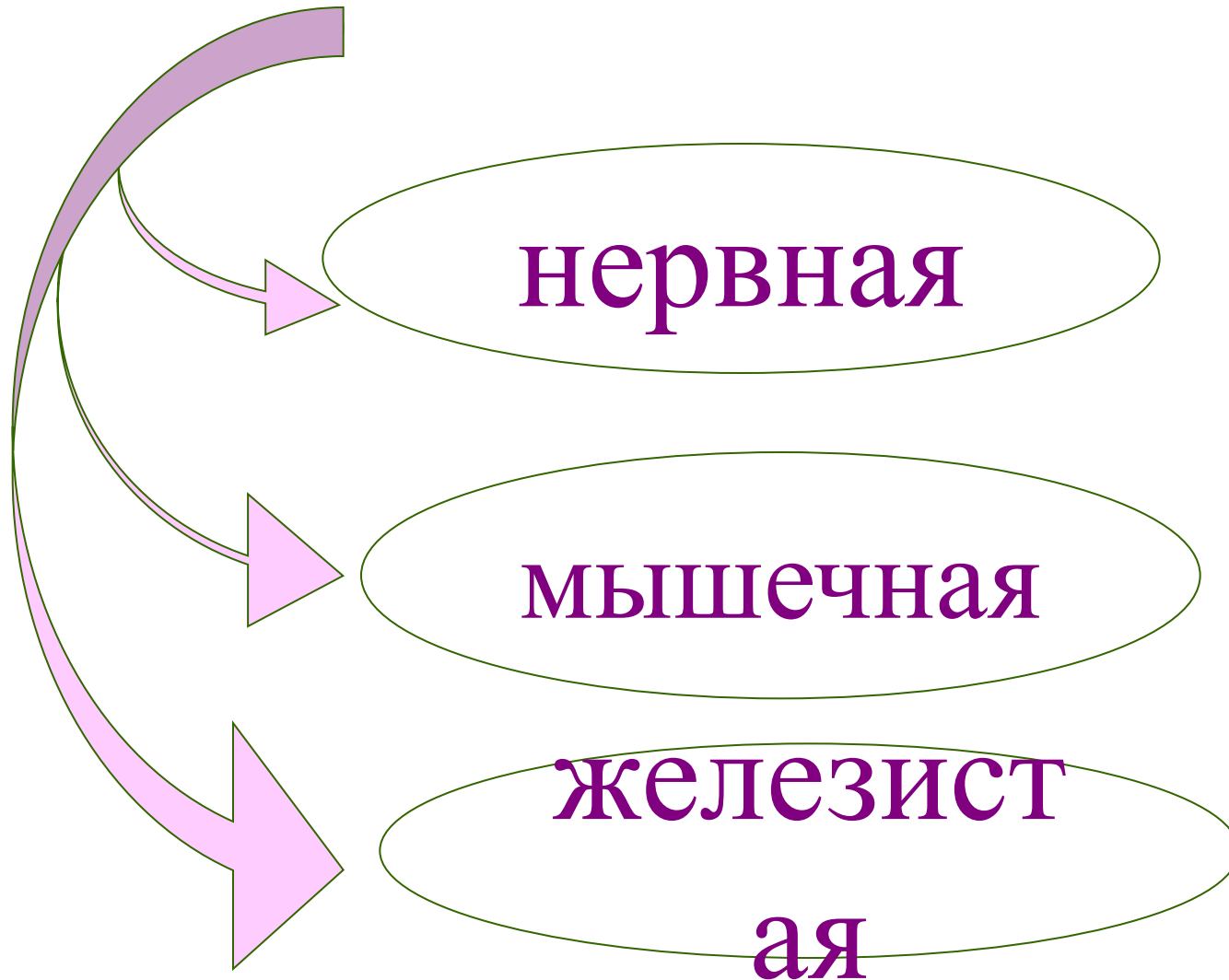
# Раздел «Общая физиология возбудимых тканей»

## **Кодирование информации в организме**

Экзаменационный вопрос:

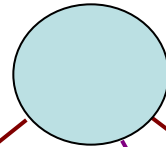
Физиологические свойства тканей  
как основа их деятельного состояния  
( понятие, критерии оценки,  
последствия изменений).

# Возбудимые ткани



- Возбудимые ткани способны реагировать на раздражение генерацией потенциала действия.

# Свойства возбудимых тканей



Возбудимость

Проводимость

Сократимость

(Для мышечной)

Автоматия

(Для сердечной, гладкой  
мышц, некоторых нейронов)



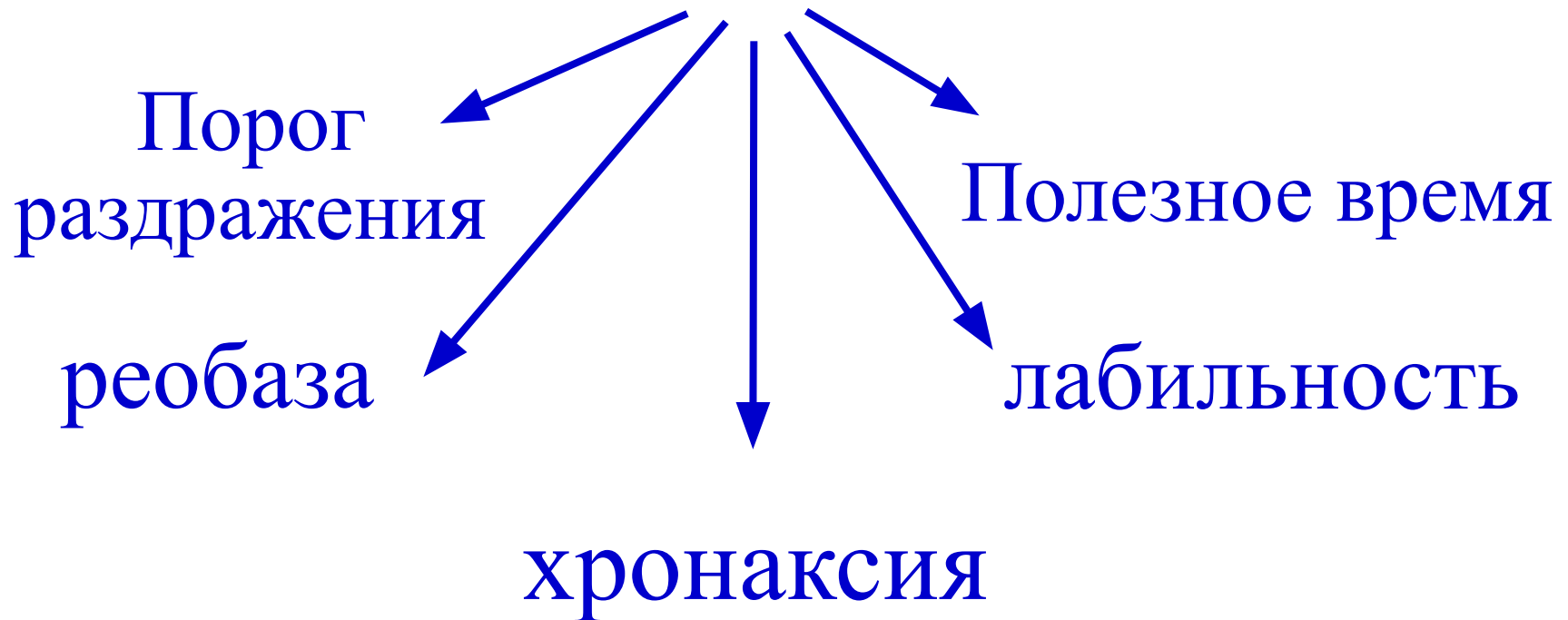
# ХАРАКТЕРИСТИКА СВОЙСТВ ВОЗБУДИМЫХ ТКАНЕЙ

# Возбудимость

—способность отвечать на раздражение генерацией потенциала действия.

# Критерии возбудимости

## •и их характеристика



# ПРОВОДИМОСТЬ

- способность ткани проводить возбуждение от места возникновения к другим участкам или структурам.
- **Критерии проводимости**
  - скорость распространения возбуждения .

# СОКРАТИМОСТЬ

- способность ткани менять геометрию.
- **Критерии сократимости**
  - изменение длины или тонуса мышцы.

# АВТОМАТИЯ

- Способность ткани самопроизвольно возбуждаться без внешних раздражителей.
- **Критерии автоматии** – частота спонтанных возбуждений.

# Последствия изменения физиологических свойств клеток возбудимой ткани

**1.**  
**Изменение** →  
**возбудимости**

Изменяется характер  
ответа  
на прежние по силе  
раздражители.

Может появиться ответ на  
ранее подпороговые  
раздражители.

**2.**

Изменение  
→  
проводимости

Нарушается  
распространение  
возбуждения в нейронных  
сетях, рефлекторных дугах,  
от одной части органа к  
другой.



3.

Изменение →  
сократимости

Нарушение позы,  
движений, моторной  
активности  
гладкомышечных  
внутренних органов.

4.

Изменение →  
автоматии

Нарушение работы  
сердца,  
моторной активности  
гладкомышечных  
внутренних органов.

# Биоэлектрические явления в возбудимых тканях

- Развиваются на мембране клеток.

- Представлены

потенциалом покоя (ПП)

и потенциалом действия

(ПД).

- Теория, объясняющая существование биоэлектрических явлений в организме называется **мембранно-ионной.**

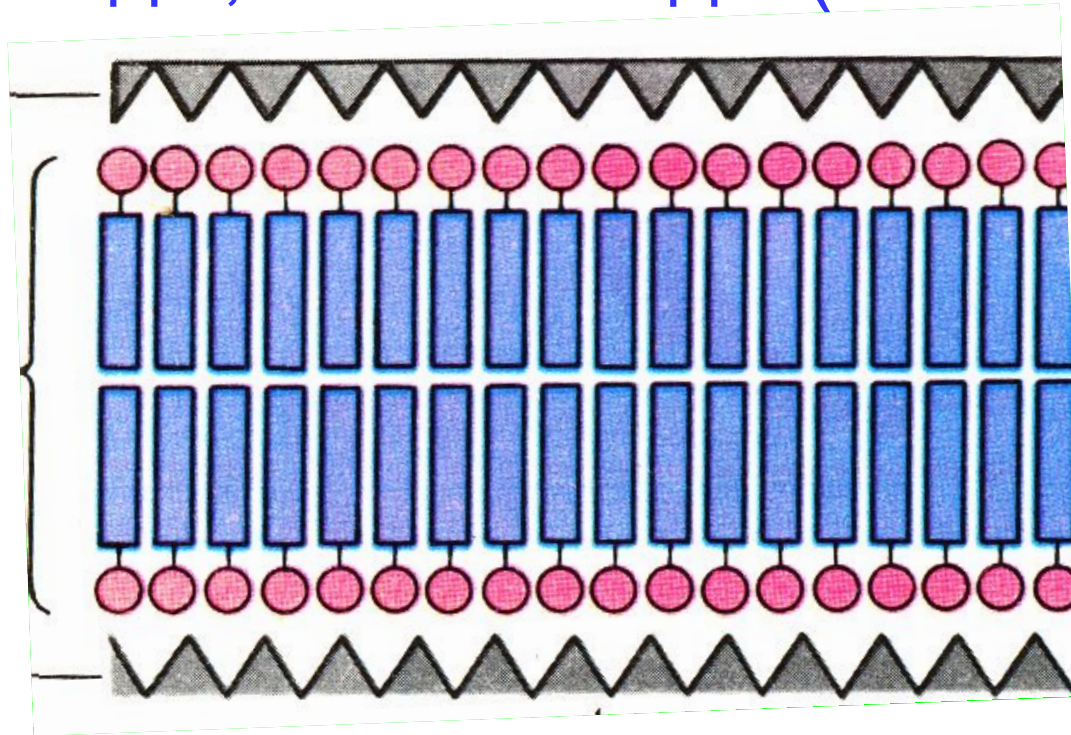
# Строение мембраны

Гликопротеиды, гликолипиды (гликокаликс)

Наружный слой  
мембраны

Бислой  
липидов

Внутренний  
слой мембраны



6-10 нм

● → гидрофильные участки молекул  
фосфолипидов

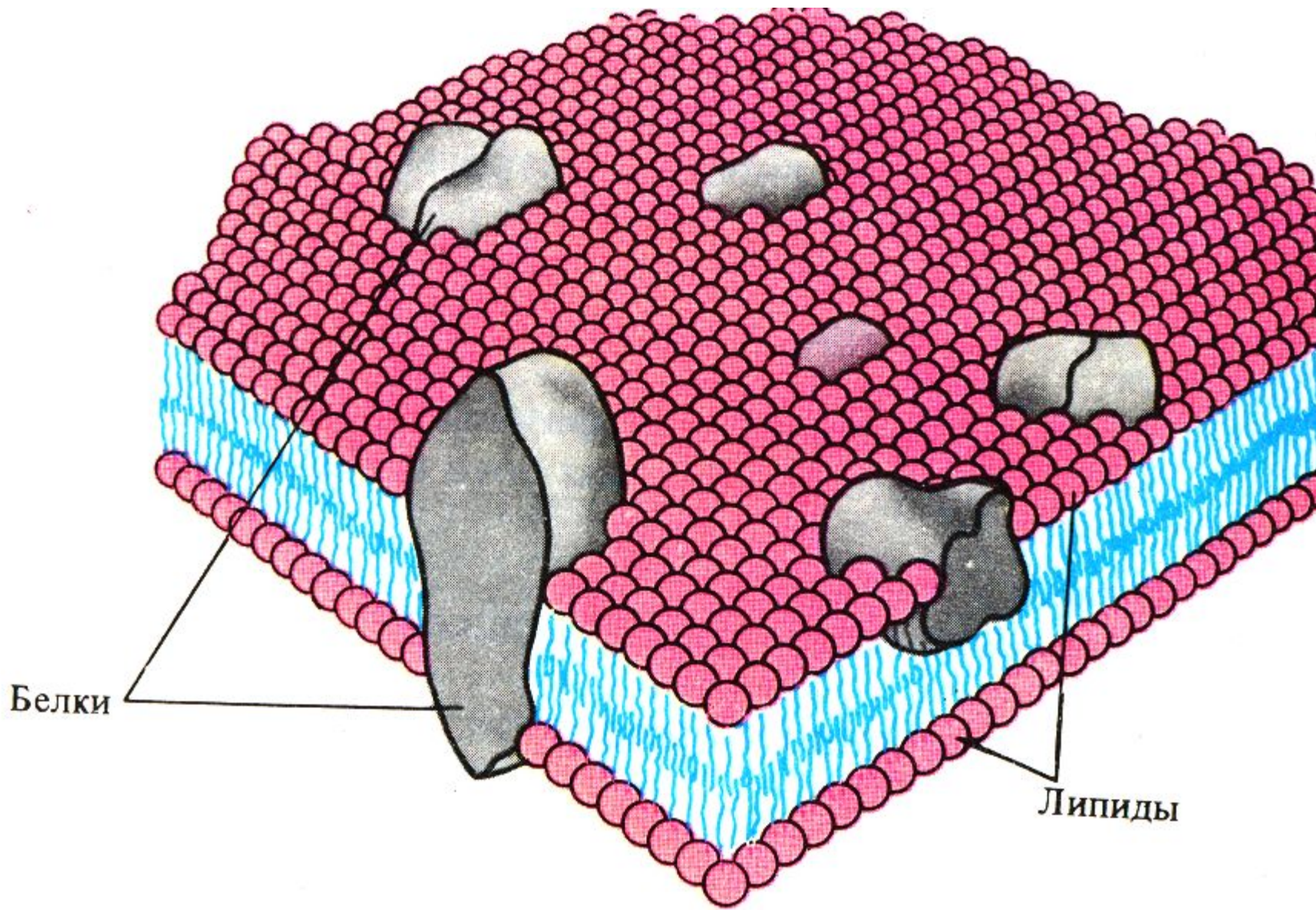
▬ → гидрофобные участки

- Липидов около 40%,  
плотно упакованы. Не  
пропускают воду.

- Белков около 60 %.
- 1) частично погружены в слой липидов с наружной или внутренней стороны мембраны;
- 2) пронизывают мембрану (ионные переносчики и каналы)



# Мозаичное строение мембраны





# Роль мембраны

# 1. Барьерная функция

- связана с наличием бислоя липидов, поэтому
- проницаема для
- жирорастворимых молекул и непроницаема для ионов.

## 2.Рецепторная функция.

- На мембране есть рецепторы к химическим веществам.
- Взаимодействие данного вещества с рецептором открывает
- хемочувствительные ионные каналы
- и возникает ответ клетки на информацию, переданную гуморальным путем.

### 3. Транспортная функция мембраны

- связана с работой белковых каналов.
- Каналы могут быть в открытом и закрытом состоянии.
- Открытие каналов приводит к перемещению ионов из клетки или в клетку.

# Виды ионных каналов.

- А. По способу открытия различают хемочувствительные и потенциалзависимые;
- Б. По скорости открытия и закрытия – быстрые и медленные

# Виды транспорта ионов через мембрану

- Первичный активный транспорт (активный транспорт)
- обеспечивается специальными ионными насосами, осуществляется за счет гидролиза АТФ, является энергозависимым процессом

# Вторичный активный транспорт

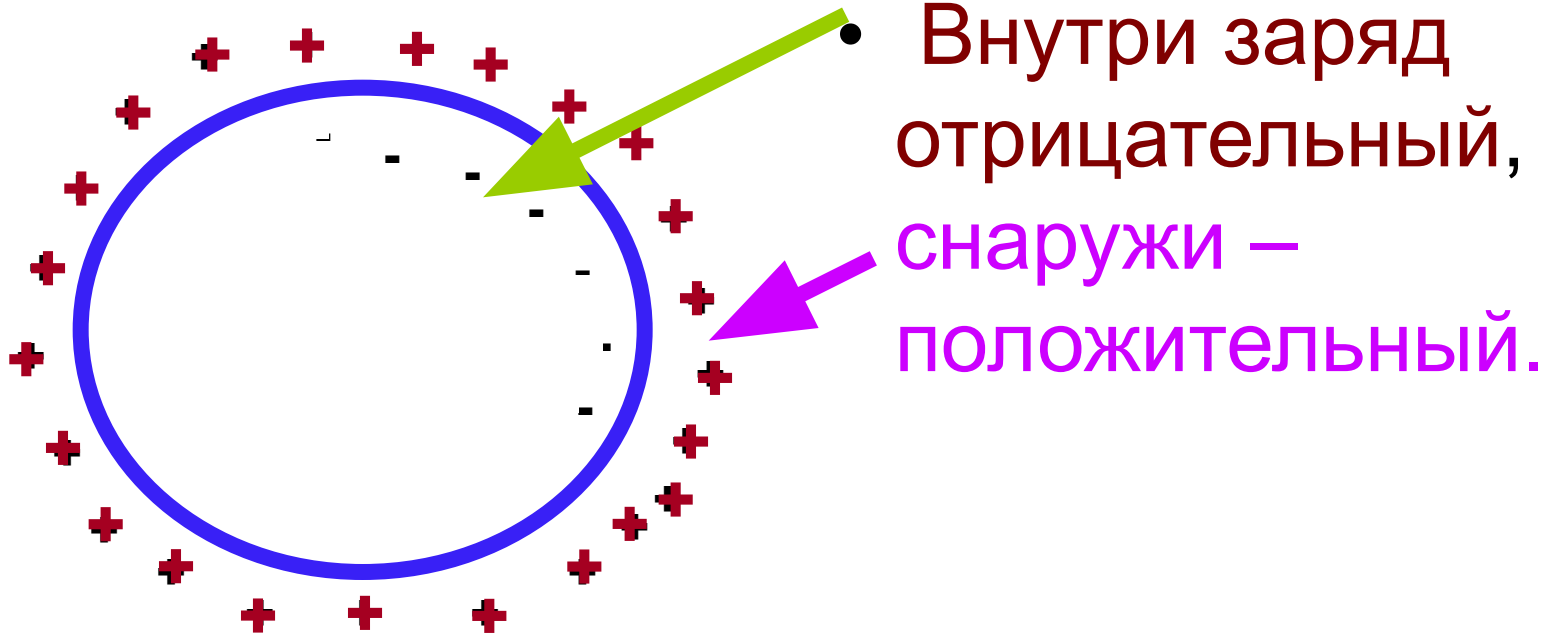
- (пассивный транспорт).
- Использует энергию потока ионов по градиенту концентрации (из большей в меньшую).



# **ПОТЕНЦИАЛ ПОКОЯ И ЕГО ХАРАКТЕРИСТИКА**

**величина, происхождение,  
колебания, механизм поддержания**

**ПП** - это разность потенциалов между наружной и внутренней сторонами мембраны.



## Величина потенциала покоя

Вид клетки	Величина ПП (мВ)
Скелетные мышцы	- 60 – 90
нейрон	- 50 – 80
кардиомиоцит	- 85 – 95
Железистая клетка	- 30
Гладкомышечные клетки с автоматией	-30 – 50
Без автоматии	-50 – 70

# Происхождение потенциала покоя (мембранно-ионная теория)

- 1. Роль мембраны.
- В покое открыты каналы для К и закрыты практически все каналы для Na, т.е. мембрана избирательно проницаема.
- 2. Роль ионов.
- В клетке существуют ионные градиенты:
- **Внутри** клетки катионов К в 30 – 50 раз больше, чем снаружи.
- **Снаружи** клетки больше, чем внутри:  $\text{Na}^+$  в 10-20 раз,  $\text{Cl}^-$  в 30 раз,  $\text{Ca}^{2+}$  в 20000 раз.

- Органические анионы представлены заряженными белками и аминокислотами и присутствуют только внутри клетки.

# Ионный механизм возникновения ПП

- Ионы  $K^+$  по градиенту концентраций, непрерывно выходят из клетки и создают «+» заряд наружной стороны мембраны клетки.
- Внутри остаются крупные органические анионы и создают «-» заряд внутренней стороны мембраны.

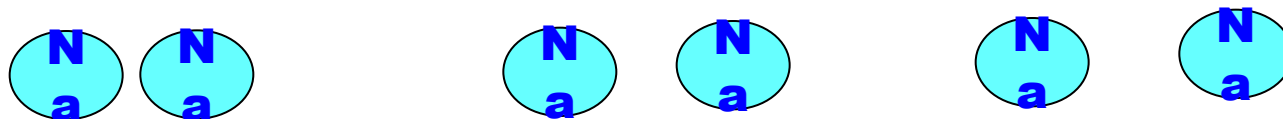


Но мембрана несколько  
проницаема для Na:

- Na идет внутрь и снижает разность потенциалов, создаваемую выходящим K.

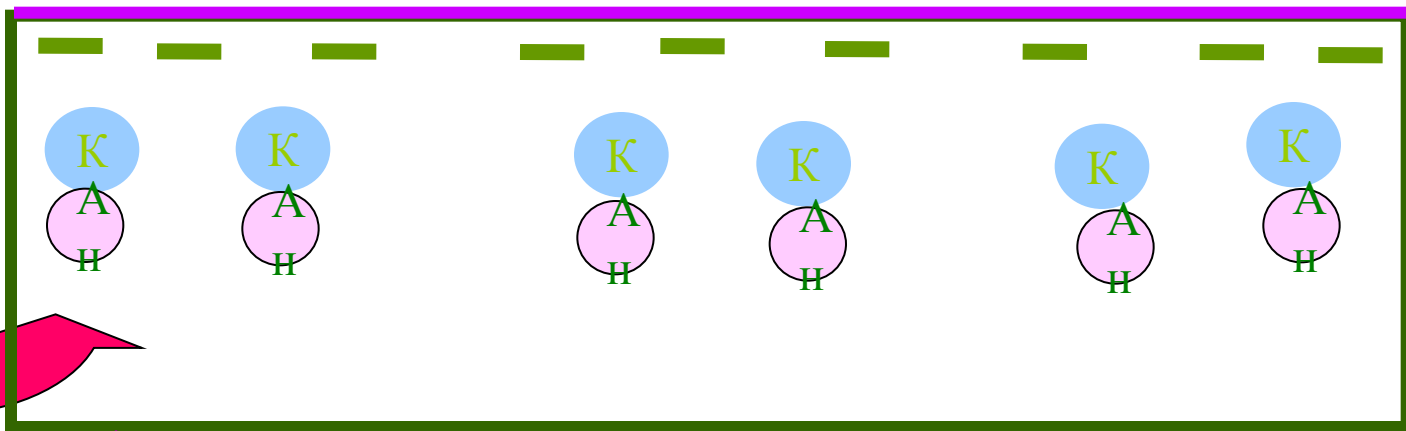
Поляризация мембраны за счет  
движения  
катионов калия

Наружная среда клетки



+ + + + + + + + +

Мембрана



Внутренняя  
Среда  
клетки



Клетка



# К – Na насос первичный активный транспорт

Система, обеспечивающая с помощью переносчиков **энергозависимый транспорт ионов** через мембрану против концентрационного градиента (из меньшей в большую).

- Ионный насос поддерживает концентрационный градиент  $K^+$  и  $Na^+$ :
- т.е. высокую концентрацию  $K$  и низкую  $Na$  внутри клетки.

Переносчиком для Na и K является  
Na – K зависимая АТФ – аза.

- Виды ионных насосов:
- **Электрогенный:** из клетки удаляется 3 иона Na, в клетку возвращается 2 иона K. При этом увеличивается внутренняя отрицательность.
- **Электронейтральный:** переносит эквивалентное количество ионов, заряд мембраны при этом не меняется.

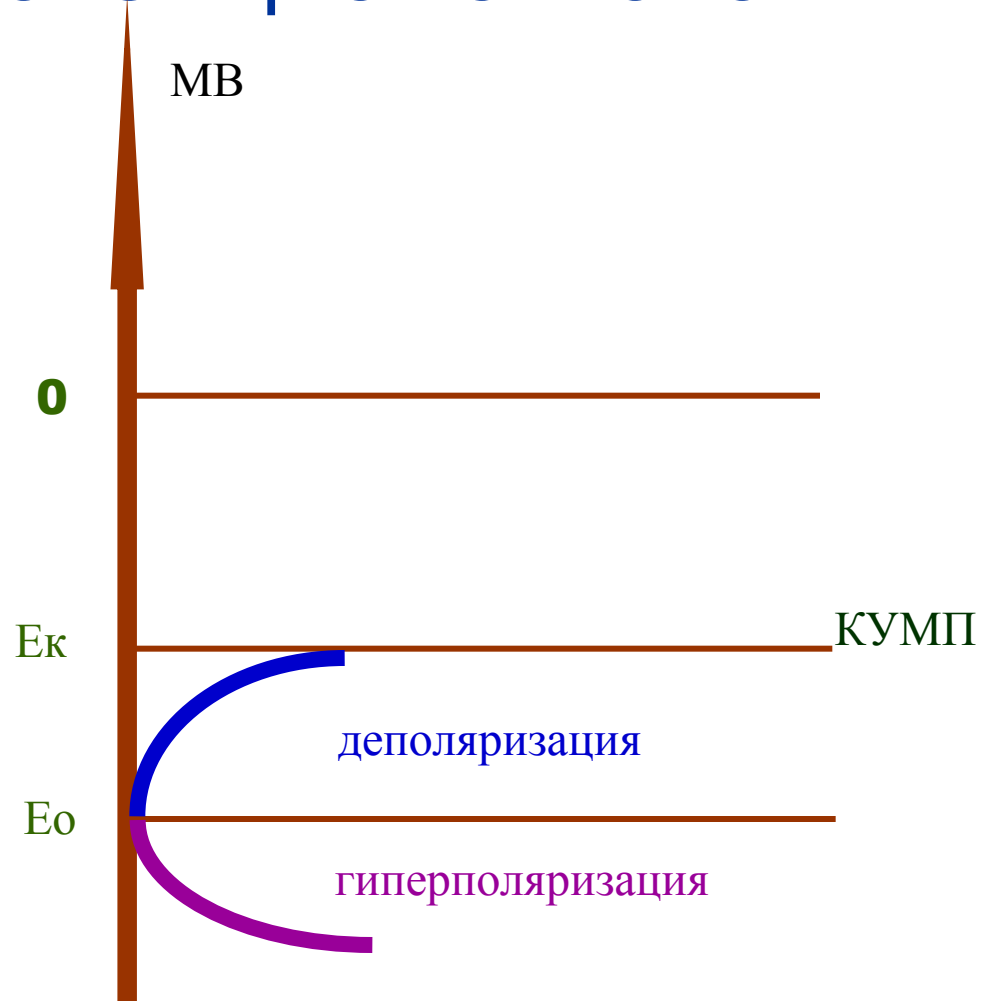
# Модель работы ионного Na - K насоса





# Изменения потенциала покоя

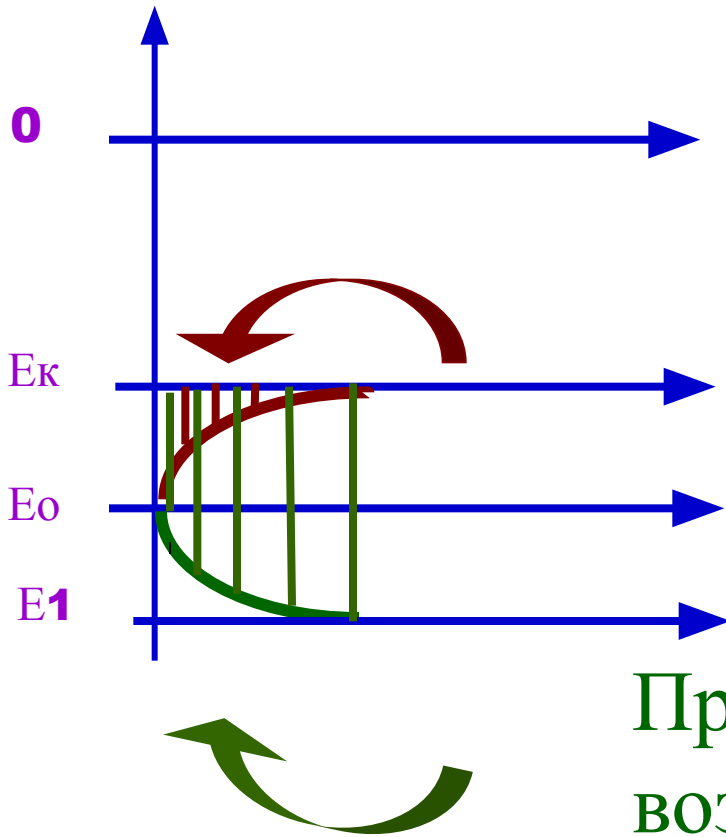
- Снижение внутренней отрицательности – деполяризация;
- повышение – гиперполяризация.
- **Критический уровень мембранного потенциала (КУМП)** – значение ПП, при достижении которого открываются потенциалзависимые каналы для натрия и возникает ПД.



# Зависимость возбудимости от величины потенциала покоя

Величина порога раздражения,  
следовательно и возбудимость  
зависит от разности ( $E_0 - E_k$ )

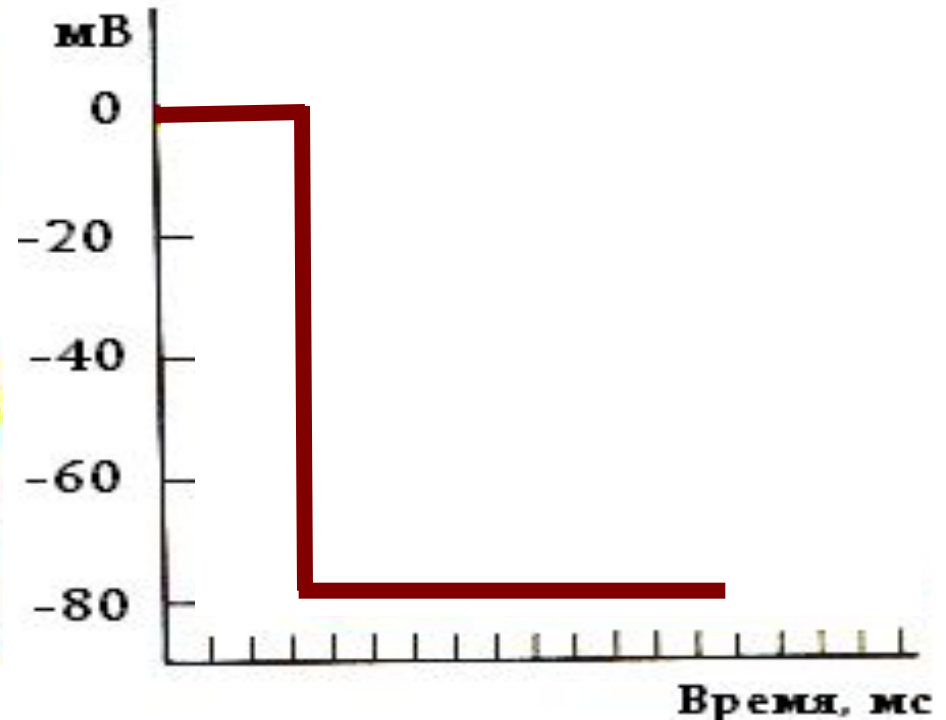
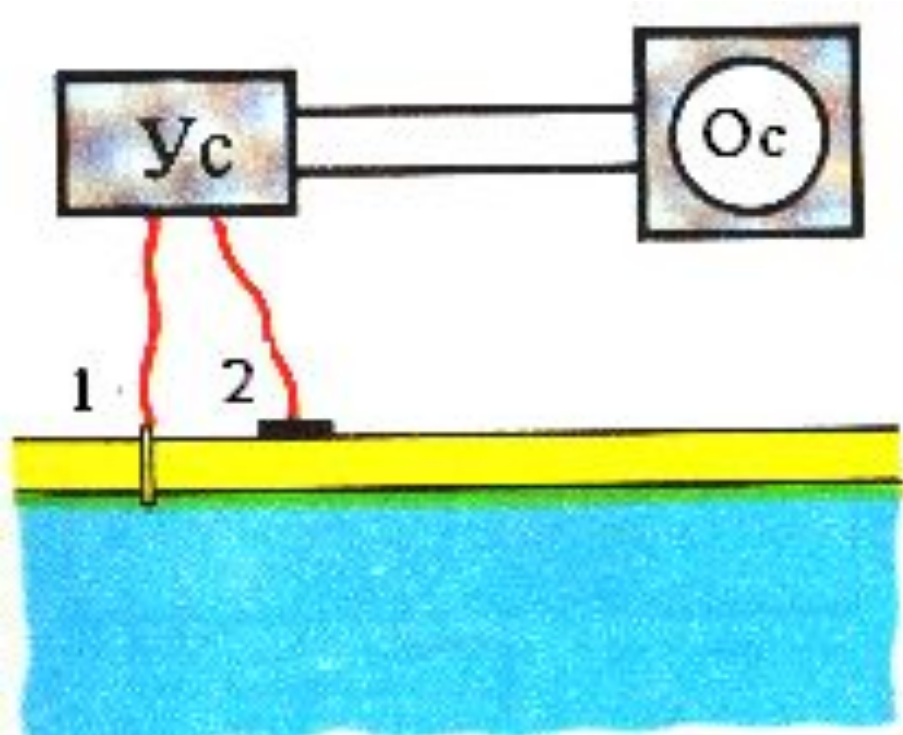
При деполяризации  
возбудимость  
повышается  
(уменьшение разности  
 $E_0 - E_k$ )



При гиперполяризации –  
возбудимость снижается  
(увеличение разности  $E_0 - E_k$ )

- Схема установки для регистрации ПП
- 1-электрод внутри волокна
- 2-поверхностный электрод
- Ус – усилитель
- Ос - осциллограф

- Изображение мембранного потенциала на экране осциллографа

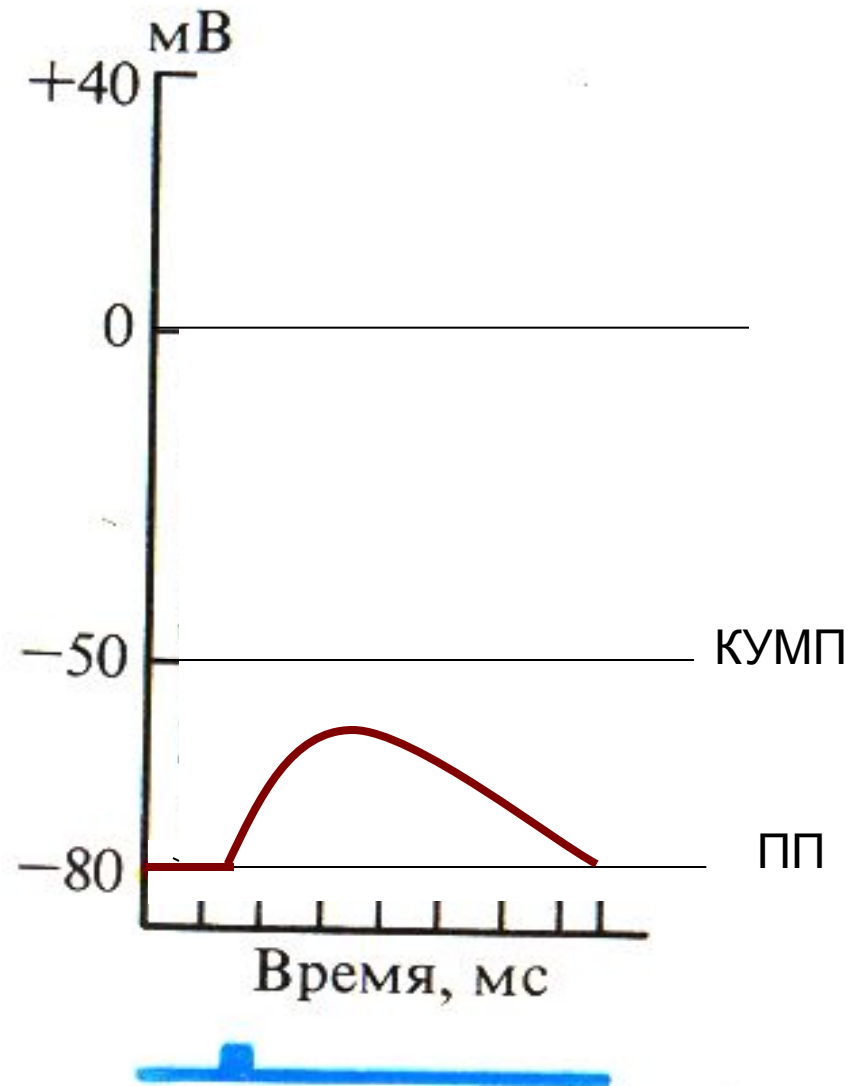


# Виды ответов возбудимой ткани на различные по силе раздражения

1. Локальный ответ
2. Потенциал действия

Локальный ответ (ЛО)

- Возникает в локальном участке при действии химических или электрических стимулов силой 30 – 90% от пороговой силы раздражения.
- Происходит открытие каналов для Na (иногда Ca). Возникает деполяризация мембраны, которая быстро сменяется реполяризацией, не достигнув КУМП.



# Свойства локального ответа (ЛО)



Не распространяется

Зависит от силы раздражения

Способен к суммации

Является предфазой ПД



# ПОТЕНЦИАЛ ДЕЙСТВИЯ (ПД)

ФАЗЫ, ИОННЫЙ МЕХАНИЗМ

# Потенциал действия -

- это быстрые колебания ПП под влиянием порогового или сверхпорогового раздражения.

# Условия возникновения ПД :

- пороговая сила раздражения
- достаточная длительность раздражения
- достаточная скорость нарастания раздражения.

## Ионный механизм ПД

- Под влиянием порогового раздражения в мембране клетки открываются хемочувствительные каналы для  $\text{Na}^+$  .
- Медленный ток  $\text{Na}^+$  внутрь клетки снижает ПП до КУМП.

- С этого момента в мембране открываются быстрые потенциалзависимые каналы для  $\text{Na}^+$  и  $\text{Na}^+$  лавиной входит внутрь клетки.
- Внутренняя отрицательность снижается до 0, а затем возникает перезарядка мембраны (внутри +, снаружи-).

- Происходит  
деполяризация мембраны

- При достижении величины перезарядки +10 - +40 мВ ( в зависимости от вида клеток)
- каналы для натрия закрываются (происходит натриевая инактивация)
- и начинается фаза реполяризации.

# Следовые потенциалы

- Следовая деполяризация связана с инерционностью закрытия натриевых каналов.
- Следовая гиперполяризация - с работой электрогенного ионного насоса.



Элементы ПД

Заряд внутренней стороны  
мембраны клетки

мВ

0

$E_k$

$E_0$

Овершут

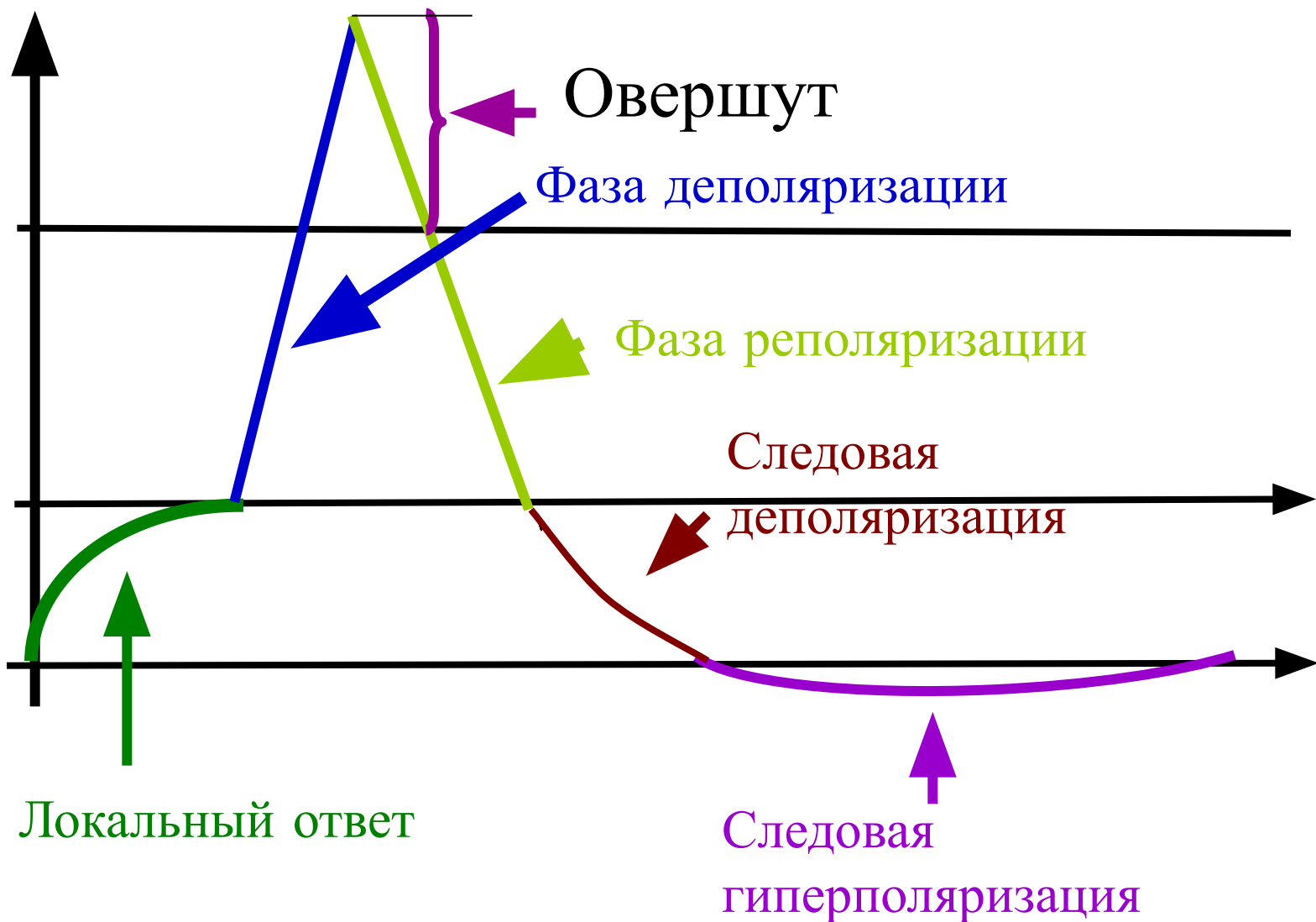
Фаза деполяризации

Фаза реполяризации

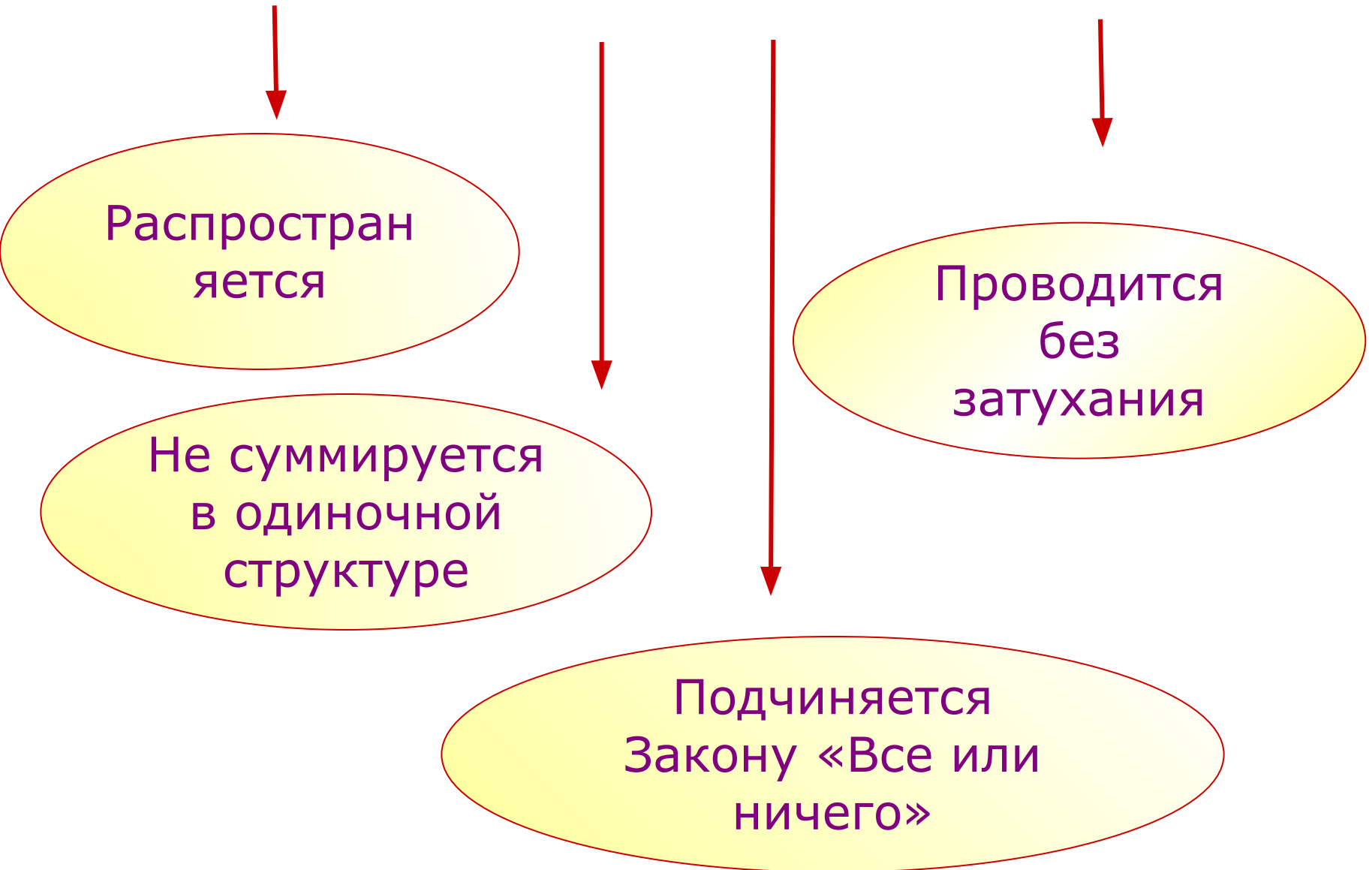
Следовая  
деполяризация

Локальный ответ

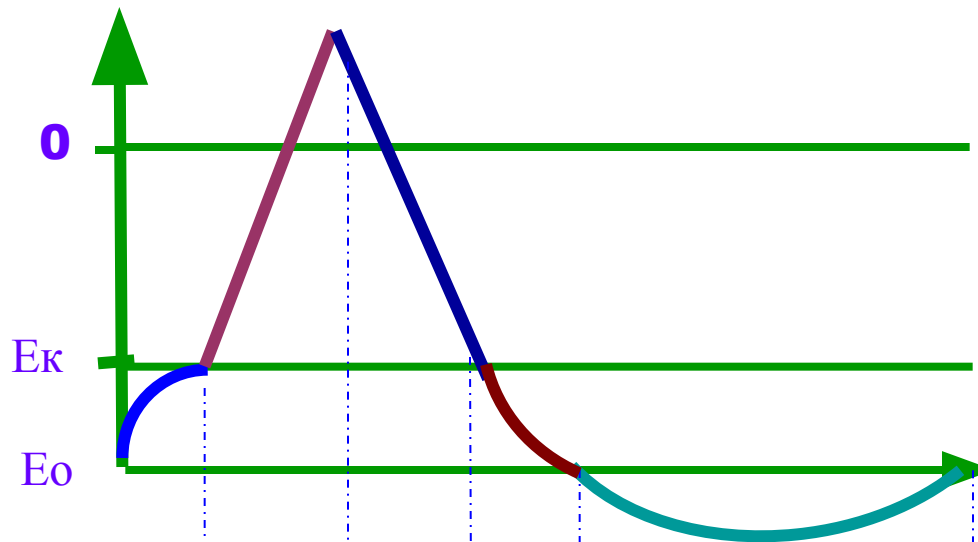
Следовая  
гиперполяризация



# Свойства потенциала действия

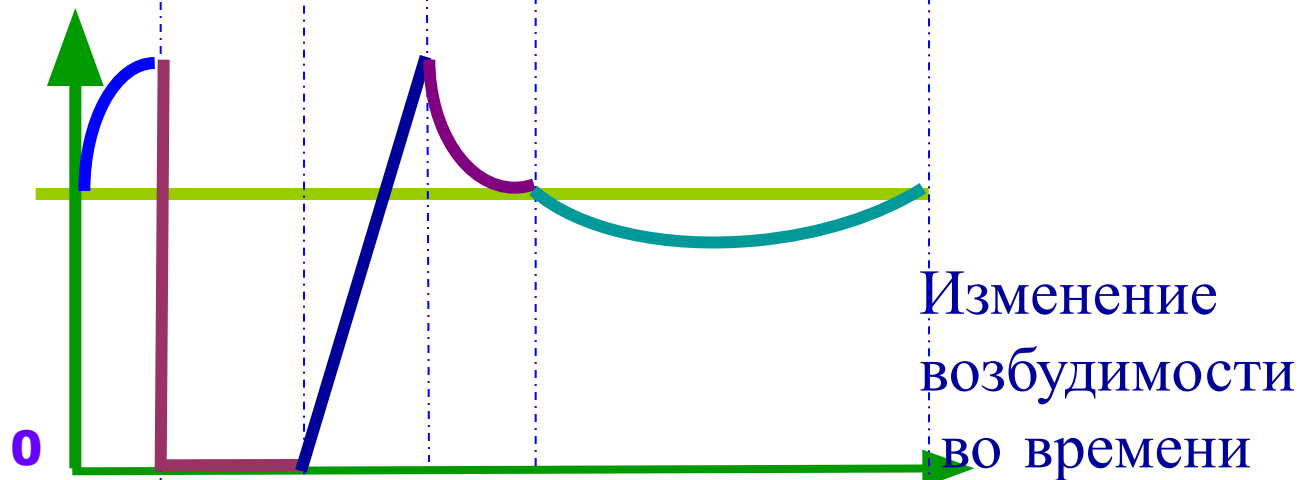


# Изменение возбудимости при возбуждении



возбудимость

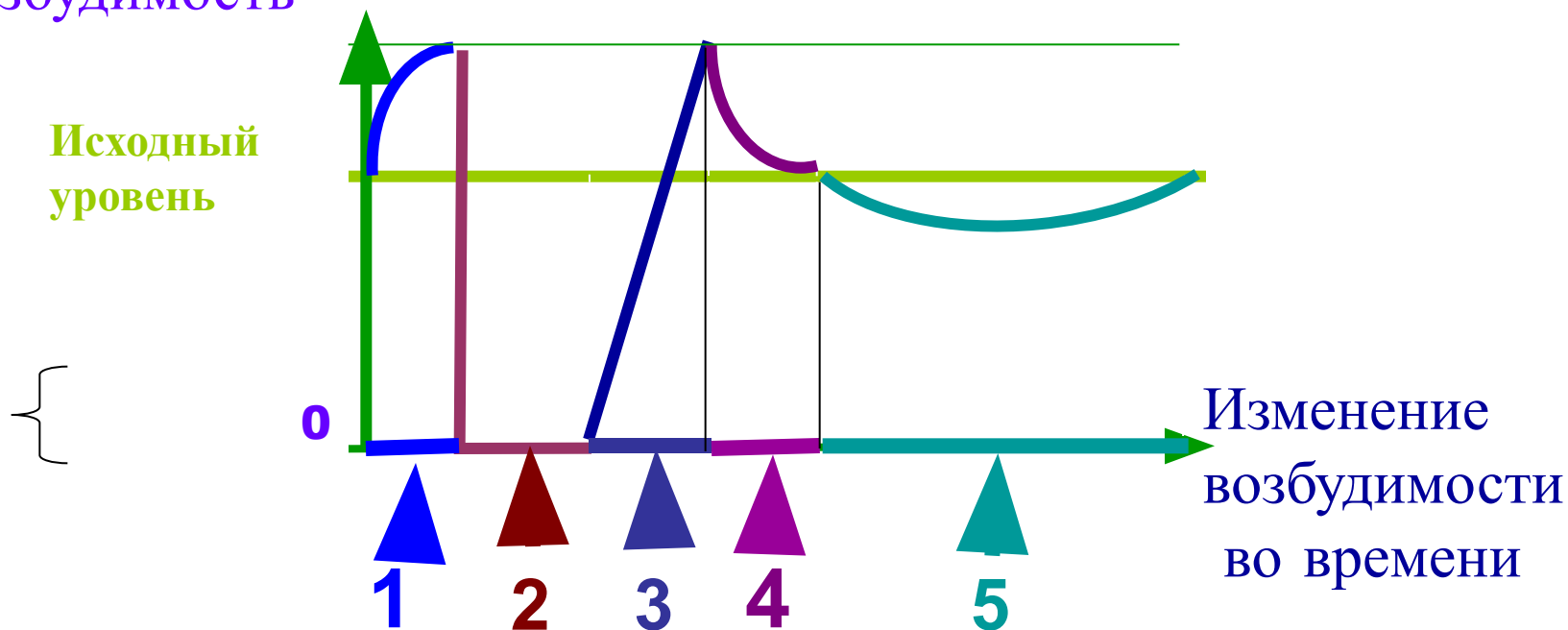
Исходный  
уровень



# Фазы возбудимости

- 1 – Фаза повышенной возбудимости
- 2 – Фаза абсолютной рефрактерности
- 3 – Фаза относительной рефрактерности
- 4 – Фаза супернормальной возбудимости
- 5 – Фаза субнормальной возбудимости

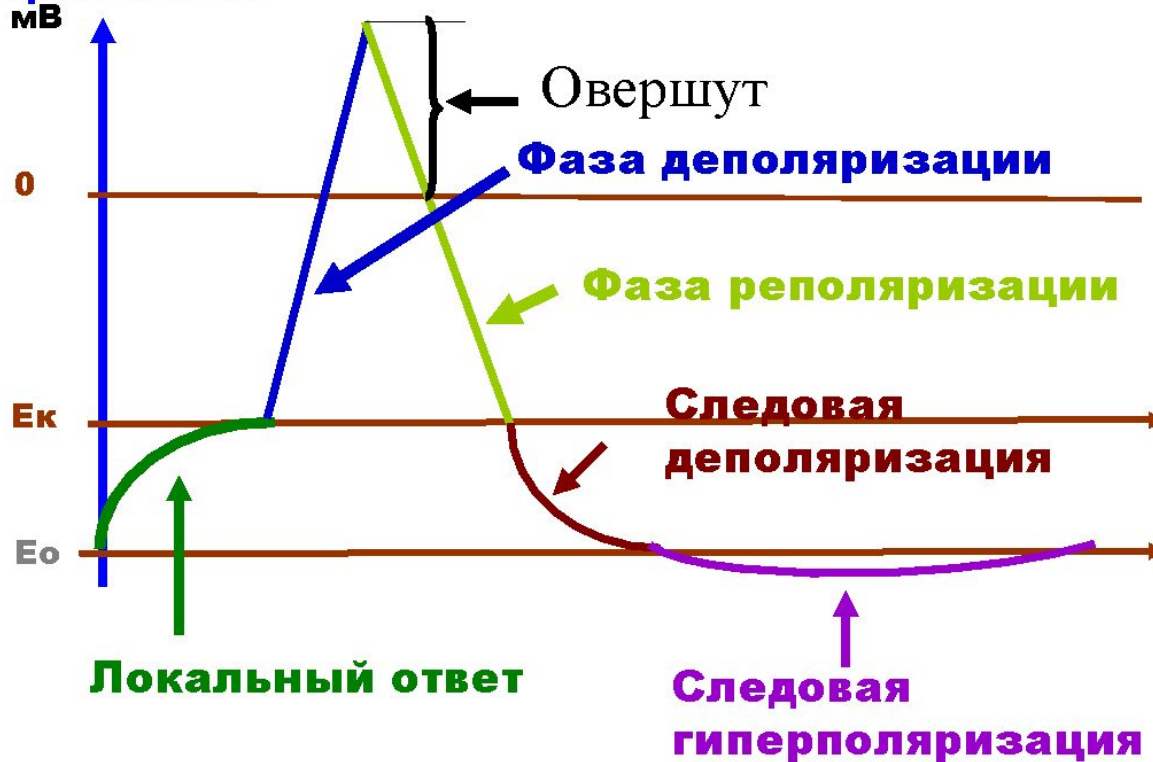
возбудимость



# Формы ПД

- Пикообразный

Заряд внутренней стороны  
мембраны клетки



# Платообразный ПД кардиомиоцита желудочков

