



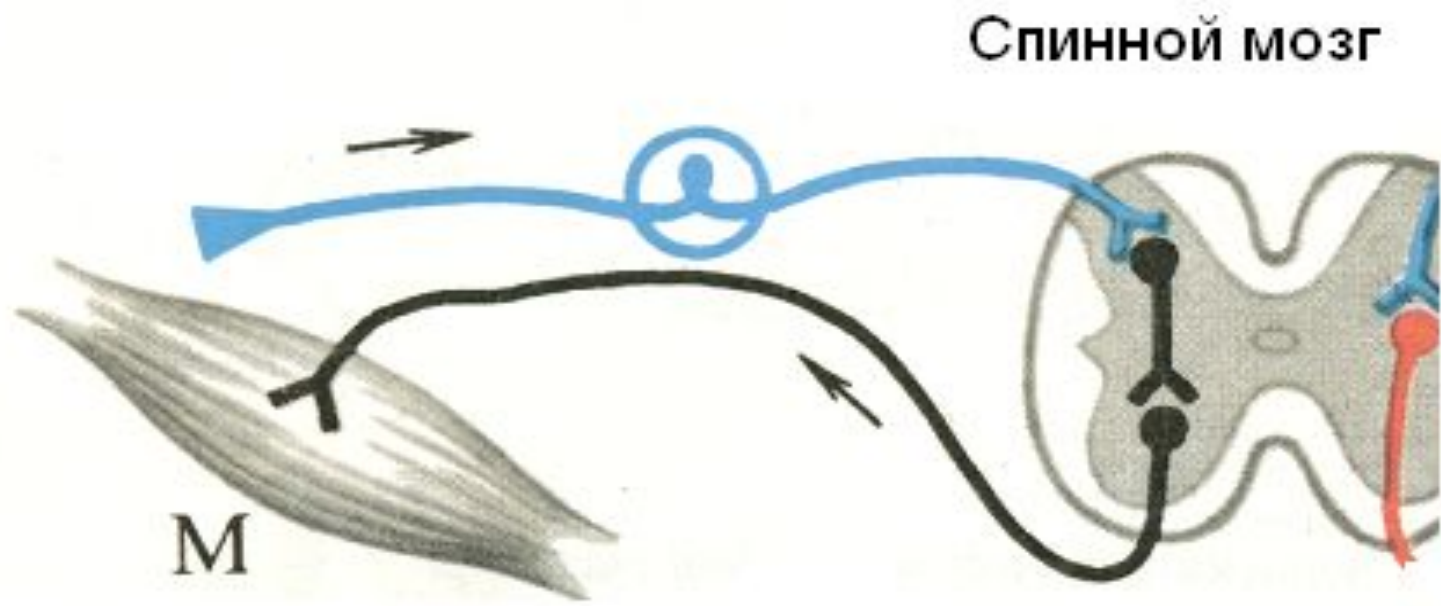
***НЕЙРОФИЗИОЛОГИЯ***

Лекция 2

---

# **Общие свойства возбудимых тканей**

**Возбуждение и возбудимость**



Соматическая рефлексорная дуга

# Возбудимость и возбуждение

---



- 1. Что такое возбудимость
  - 2. Какие клетки являются возбудимыми
  - 3. Каким образом возбудимая клетка переходит из состояния покоя в возбужденное состояние
-

# *Литература*

---

- 1. Покровский В.М., Коротько Г.Ф. Физиология человека
  - 2. Данилова Н.Н. Физиология центральной нервной системы
-

# Физиологическое состояние нервных клеток

---

- Состояние физиологического покоя,
  - Возбуждение клетки
-

# *Понятия*

---

- 1. Возбудимость
  - 2. Возбуждение
  - 3. Раздражимость
  - 4. Раздражение
-

# ***ВОЗБУДИМОСТЬЮ***

---

называется ***способностью*** организма, органа, ткани или клетки отвечать на раздражение стандартной специфической реакцией.

---



# **ВОЗБУЖДЕНИЕ**

---

– это **процесс**, стандартная специфическая **реакция**, которая возникает в возбудимой ткани в ответ на раздражение.

---

# **РАЗДРАЖИМОСТЬЮ**

---

называется **способность** организма, органа, ткани или клетки отвечать на раздражение **изменением обмена веществ.**

---

*Все ткани обладают раздражимостью*

---

# ***РАЗДРАЖЕНИЕ –***

---

воздействие на организм различных факторов внешней среды.

## ***Раздражители:***

- ✓ химические,
  - ✓ механические,
  - ✓ электрические,
  - ✓ биологические.
-

- 
- ❑ Все ткани обладают раздражимостью.
  - ❑ К **возбудимым** относим три типа тканей:
    - ✓ нервную,
    - ✓ мышечную
    - ✓ железистую (секреторную).
-

# Электрический раздражитель

---

является универсальным:

- ✓ легко дозируется,
  - ✓ обладает меньшим повреждающим действием,
  - ✓ по своей природе близок к биологическому электричеству
-

# Порог возбуждения –

---

- Минимальная сила раздражителя которая необходима для возникновения возбуждения.
-

# **Порог возбуждения** *(порог реакции)*

---

*Минимальная сила раздражителя, которая необходима для возникновения возбуждения – порог возбуждения.*

- порог возбуждения служит мерой возбудимости ткани.  $V = 1/P$ .
  - Чем ниже порог возбуждения, тем выше возбудимость.
-

# ***Мембранный потенциал покоя ПП – основа возбудимости клетки***

---

Разность потенциалов между внутренней стороной мембраны, которая заряжена отрицательно, и окружающей средой называется ***мембранным потенциалом покоя,***

для разных клеток он колеблется от –60 до –90 милливольт (мВ).

---



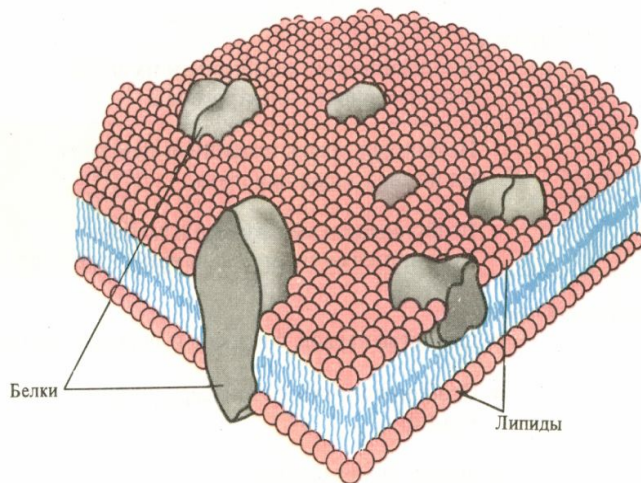
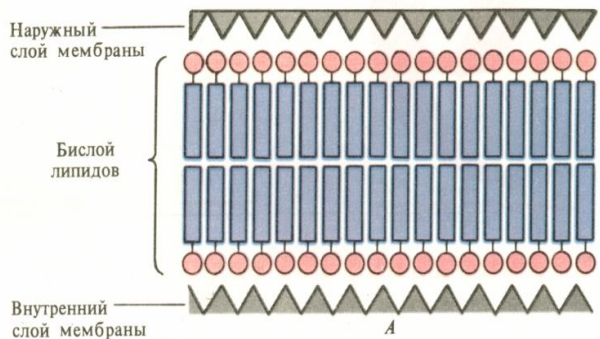
# Потенциал покоя (ПП)

---

- Разность потенциалов между внутренней стороной мембраны, которая заряжается отрицательно, и окружающей средой называется мембранным потенциалом покоя (МПП).
  - Для разных клеток он колеблется от -60 до -90 милливольт (мл)
-

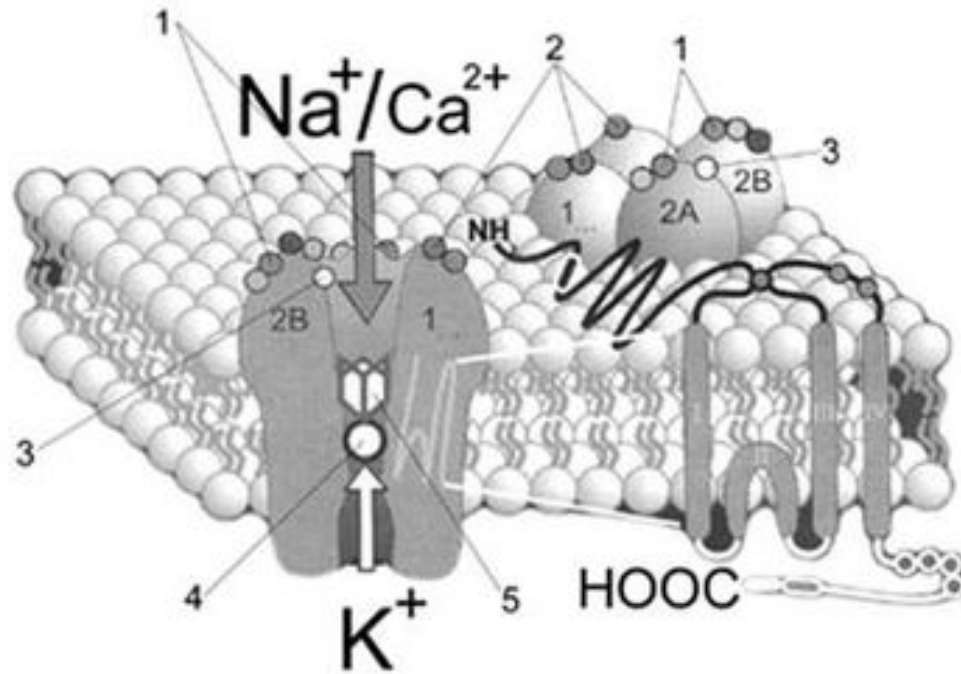
# Строение мембраны

---



1. Наружный слой
    - ✓ белки поверхностные (рецепторы)
    - ✓ интегральные белки (каналы и насосы),
  2. Бислой липидов
  3. Внутренний слой (белки ферменты)
-

# Ионные каналы



участки связывания:

- |              |            |                                    |
|--------------|------------|------------------------------------|
| 1 - глутамат | 2 - глицин | 4 - Mg                             |
| 1 - NMDA     | 3 - Zn     | 5 - мидантан(фенциклидиновый сайт) |

# Свойства мембраны

---

- *Работа ионных каналов:* Из клетки через ионные каналы выходит  $K$  поступают ионы  $Na$ ,  $Cl$ ,  $Ca$
  - *Работа натрий-калиевых насосов:* АТФ-азные насосы сохраняют постоянство ионного состава цитоплазмы клеток.
-

Ионные каналы обладают двумя  
важнейшими свойствами

---

1. **избирательностью** (селективностью) по отношению к определенным ионам и
  2. **способностью открываться** (активироваться) и закрываться.
-

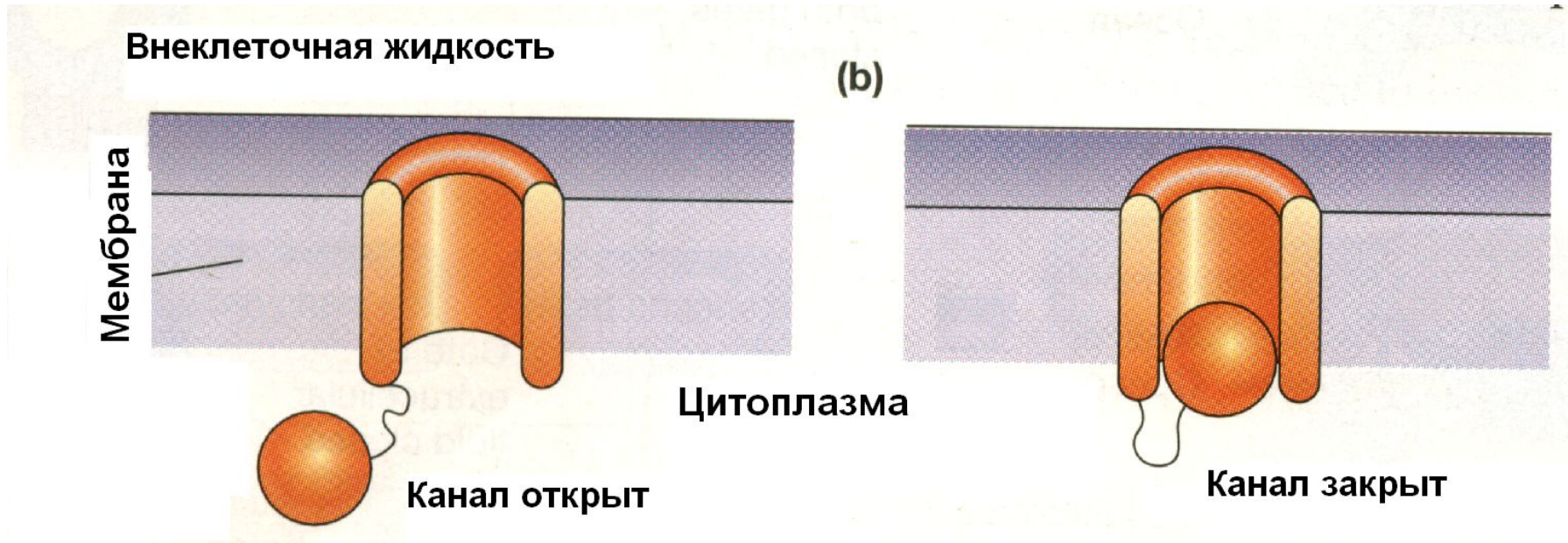
# Как открываются каналы?

---

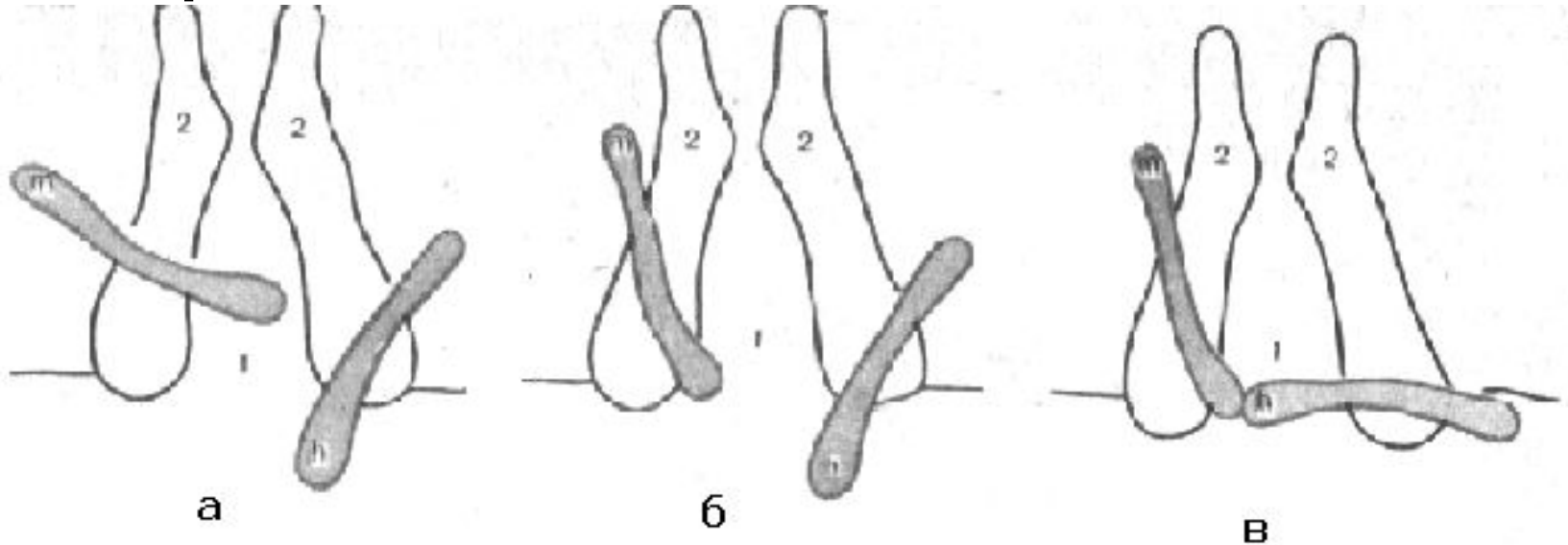
- при изменении потенциала мембраны - **потенциал-зависимые.**
  - в результате взаимодействия рецептора с биологически активным веществом (гормоном, медиатором).  
**рецептор-управляемые.**
-

# Состояния канала

---



# Натриевые каналы



Состояние покоя

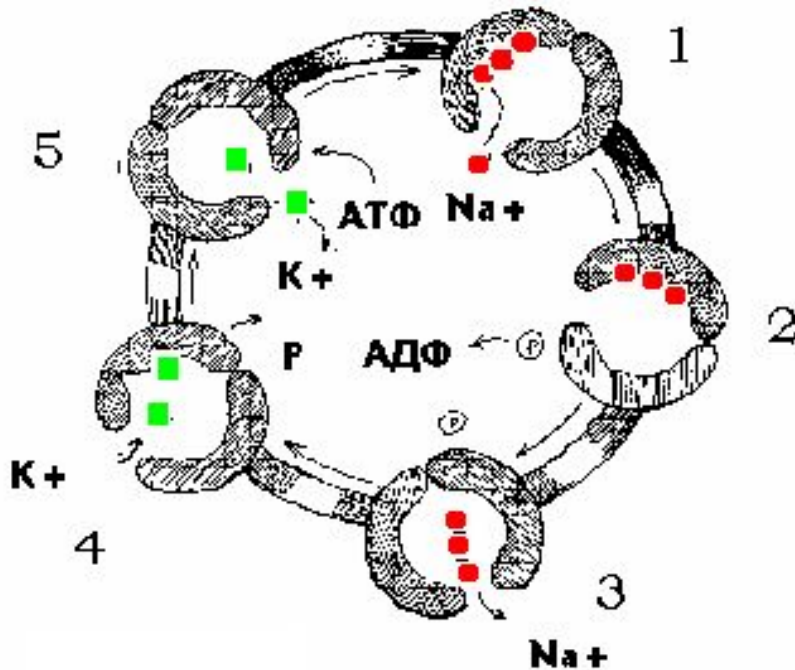
б) открыт

в) закрыт

- Канал имеет вход, выход, селективная часть, 2 заслонки (ворота)
-



# Цикл работы **натрий-калиевого** насоса

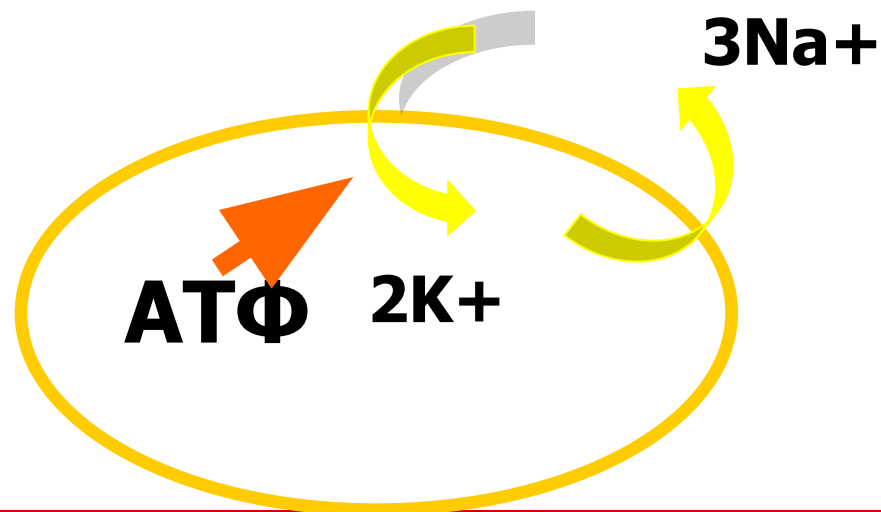


- Насос активная транспортная система для обмена ионами Na и K между клеткой и внешней средой. Использует энергию АТФ.
- АТФ- АТФ-аза+ Энергия +P (форфорная группа).

## *Итог работы насоса*

---

- **3** иона  $\text{Na}^+$  из клетки
- **2** иона  $\text{K}^+$  в клетку



# *Активный и пассивный транспорт ионов*

---

## *Активный*

- С помощью насоса
- Против градиента концентрации
- насыщаем
- Имеет метаболическую составляющую (температура, pH)

## *Пассивный*

- Через каналы
  - По градиенту концентрации
  - Не насыщаем, зависит только от градиента
  - Не зависит от метаболизма
-

# Концентрации ионов внутри и снаружи клетки (ммоль/л)

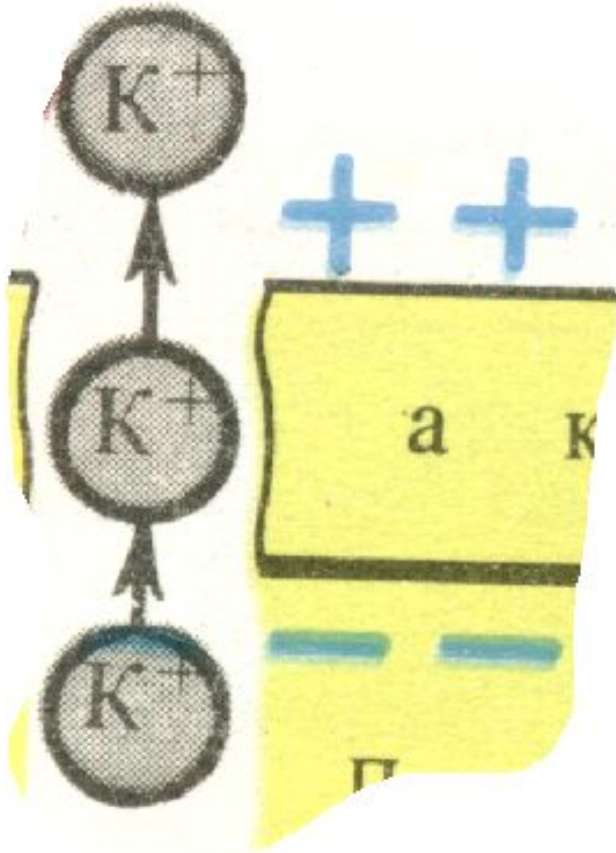
---



- Ионная асимметрия создает градиент, который влияет на пассивный транспорт через ионные каналы.
  - Насос обеспечивает активный транспорт.
  - Калий – ион внутриклеточный.
-

# Что происходит в клетке в покое?

---



- В покое постоянно открыты  $K$ -каналы, калий выходит и располагается на наружной поверхности мембраны, отрицательные ионы цитоплазмы, уравновешивающие ион  $K$ , на внутренней поверхности. Так создается разность потенциалов на мембране, это и есть МПП.
-

# Поляризация мембраны

---

В покое мембрана **ПОЛЯРИЗОВАНА**

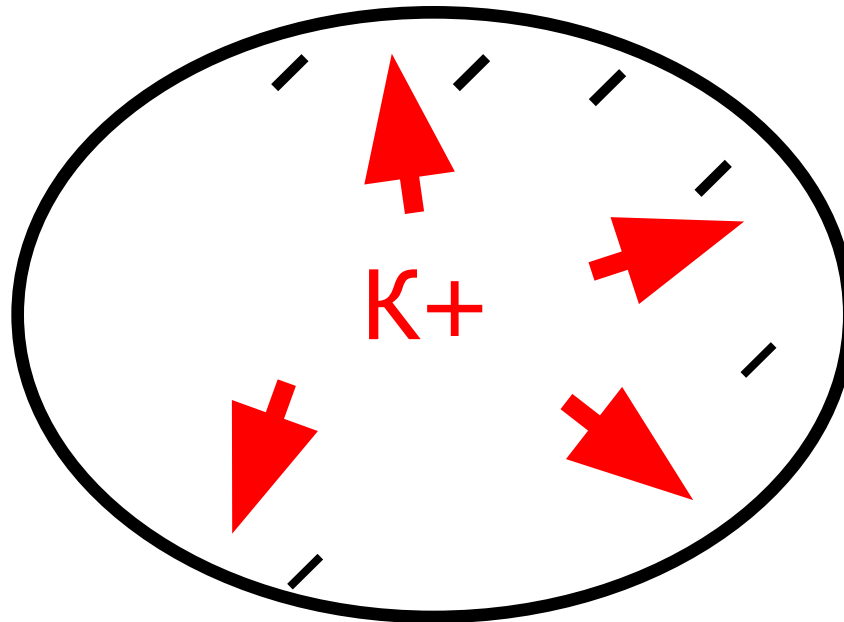




Чем ограничивается движение ионов калия из клетки?

---

Отрицательный заряд





# РАВНОВЕСНЫЙ калиевый ПОТЕНЦИАЛ

---

- Внутриклеточный отрицательный заряд препятствует выходу из клетки новых ионов калия. Поток ионов калия прекращается, когда действие электрического поля компенсирует движение иона по градиенту концентрации. Следовательно, для данной разности концентраций ионов на мембране формируется так называемый РАВНОВЕСНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ для калия. Этот потенциал ( $E_k$ ) равен  $RT/nF \cdot \ln [K_{\text{снаружи}}]/[K_{\text{внутри}}]$ , ( $n$  – валентность иона) или
  - **$E_k = 61,5 \log [K_{\text{снаружи}}]/[K_{\text{внутри}}]$**
-

# МЕМБРАННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ПОКОЯ (МПП)

---

В покое проницаемость для основных ионов выглядит следующим образом:

PK : P натрия : P хлора =  
1:0.04: 0.4

---

---

# **ВОЗБУЖДЕНИЕ КЛЕТКИ**

---

# Возбуждение клетки

---

Переход от покоя к активному состоянию)  
происходит при повышении  
проницаемости ионных каналов для  
натрия, а иногда и для кальция.

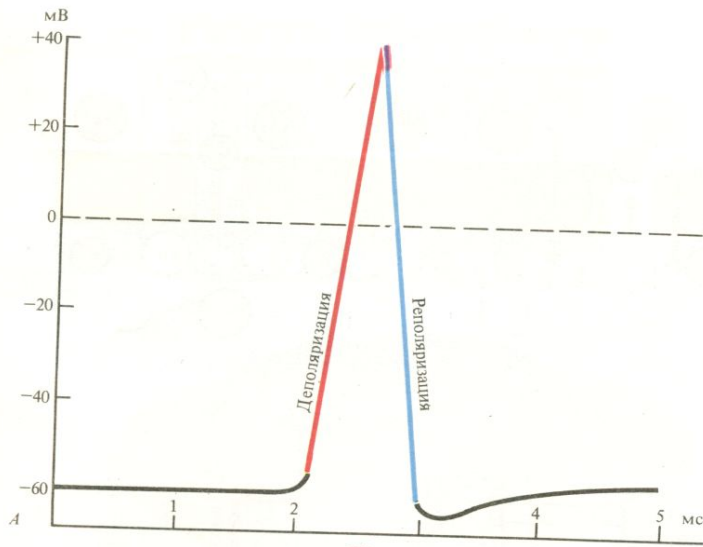
- Причиной изменения проницаемости может быть и изменение потенциала мембраны
- и взаимодействие мембранных рецепторов с биологически активным веществом.

**Натрий устремляется в клетку,**  
возникает ионный ток и  
происходит снижение  
мембранного потенциала -  
деполяризация мембраны.

---

# Потенциал действия (ПД)

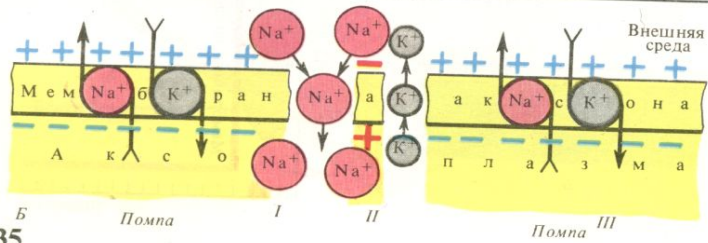
ВОЗБУЖДЕНИЕ И ВОЗБУДИМЫЕ ТКАНИ



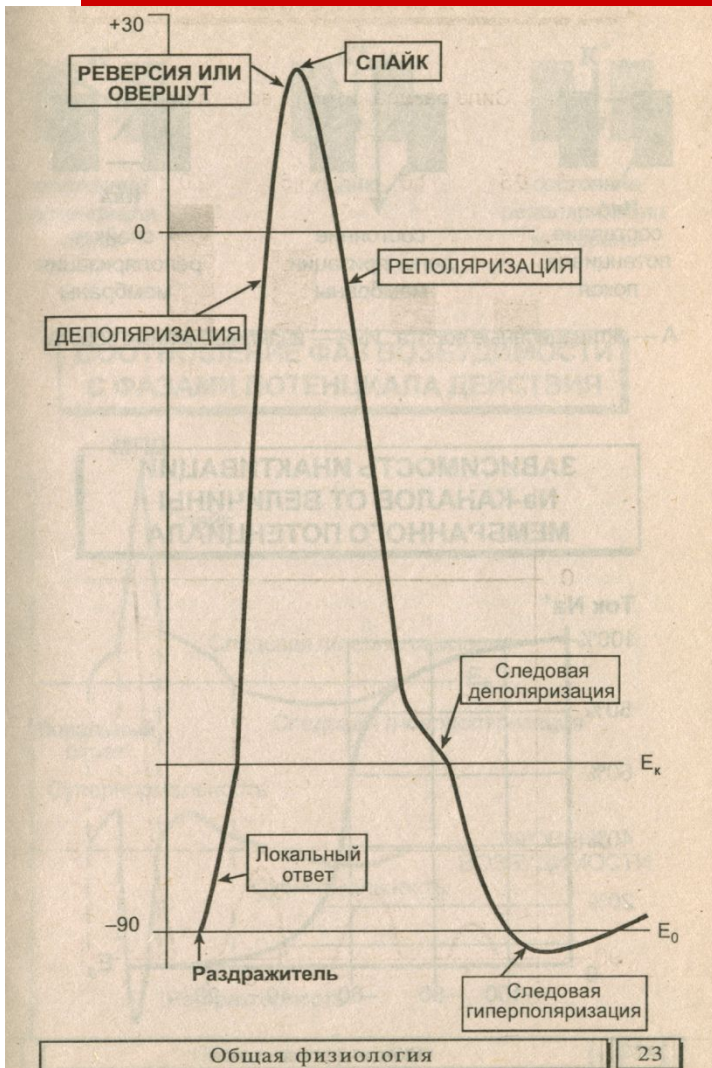
Быстрое колебание мембранного потенциала в ответ на действие раздражителя пороговой силы называется ПД.

## Фазы:

- деполяризация,
- реполяризация



# Фазы ПД



# Три электрические характеристики мембраны

---

- МПП
  - КУД
  - Инверсия(перезарядка)  
мембраны
-

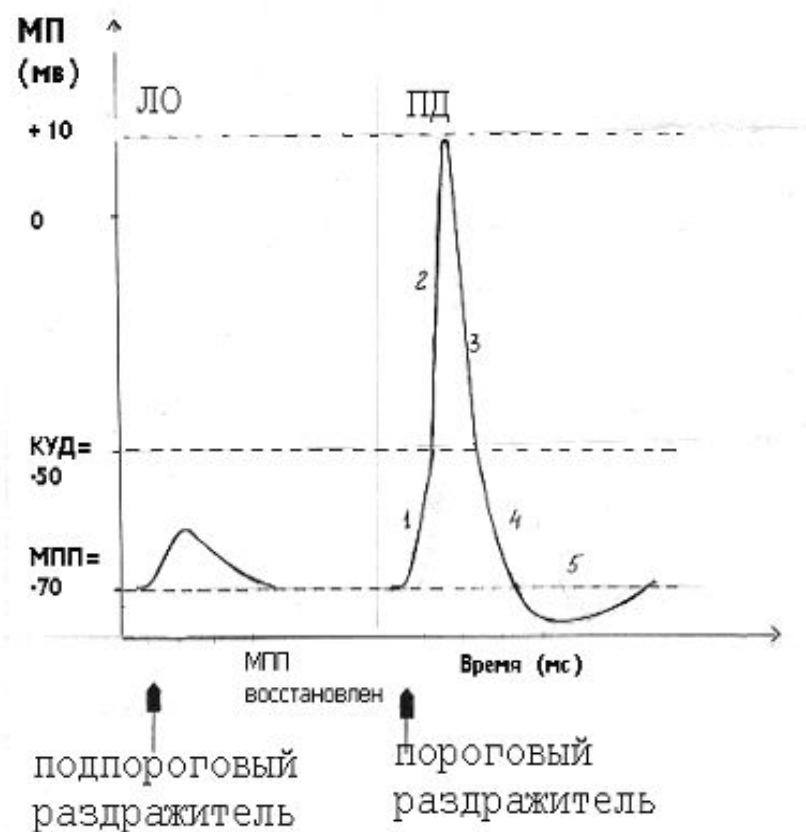
# Три электрические характеристики мембраны

---

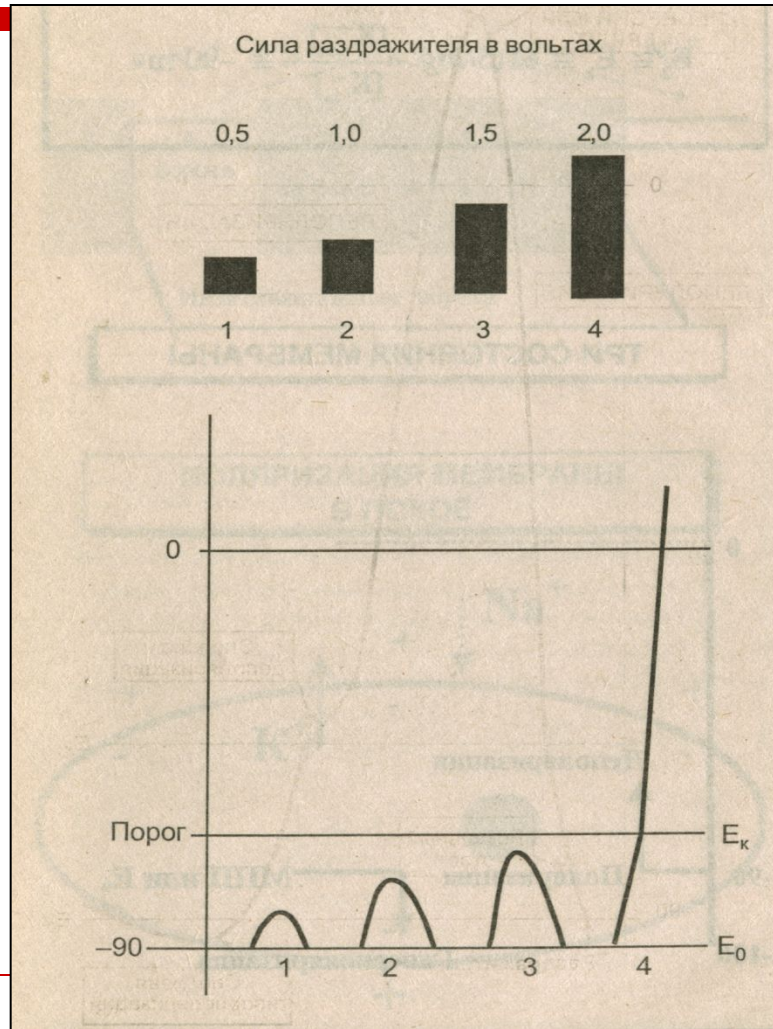
- МПП
  - КУД
  - Овершут (точка реверса потенциала)
-



# Изменение потенциала мембраны в ответ на действие раздражителя подпороговой силы



# Зависимость ЛО от силы





# Сравнительная характеристика **ЛО** и **ПД**

---

- 1. ЛО** пропорционален силе раздражителя.
- 2. ЛО** может суммироваться до тех пор, пока изменения мембранного потенциала не достигнут **КУД**
- 3. ЛО** не передается по мембране

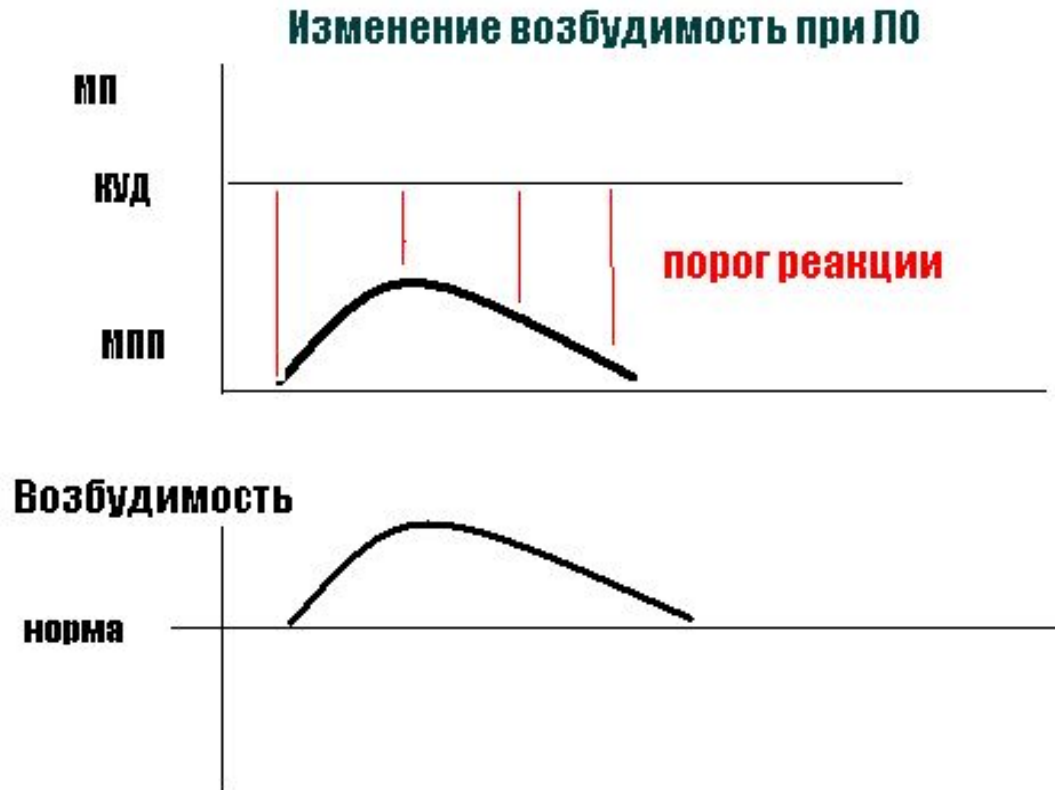
- 1. ПД** не зависит от силы раздражения и подчиняется закону «**все или ничего**»
  - 2. ПД** не суммируется
  - 3. ПД** передается по мембране
-

# Зачем нам знания о локальном ответе

---

- Если вспомнить о том, что возбудимость клетки (способность к ответу) определяется наличием и величиной мембранного потенциала, то становится ясно, что при его колебаниях изменяется и **возбудимость**
-

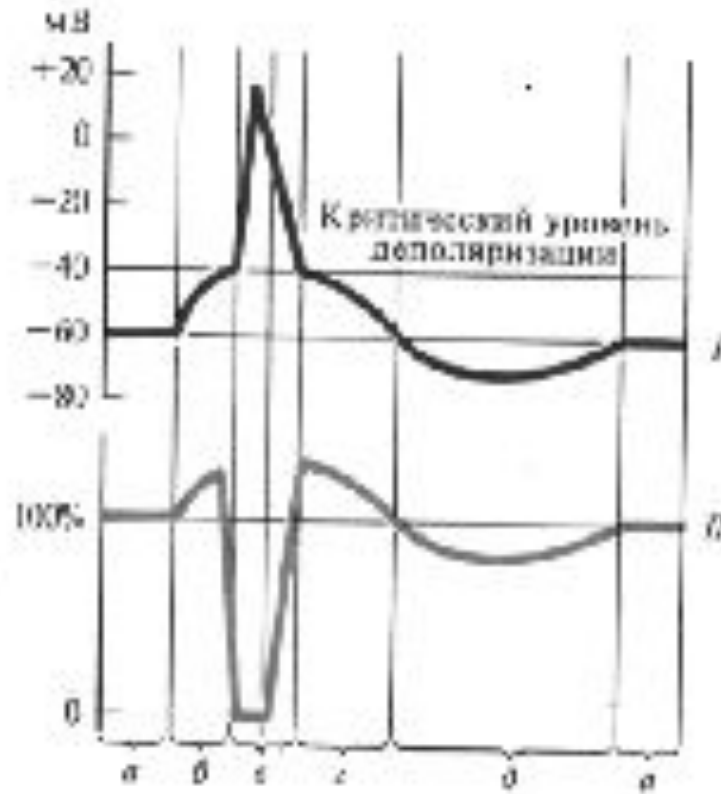
# Изменение возбудимости при ЛО



# Изменение возбудимости по фазам ПД

абсолютная и относительная рефрактерность

---



A photograph of a multi-tiered waterfall in a dense, green forest. The water flows from the top right, cascading down several levels of rocks and mossy ledges. The foreground shows a rocky stream bed with some water splashing. The background is filled with tall trees and thick foliage. The text 'Благодарю' is written in a red, italicized font across the middle of the waterfall.

*Благодарю*

*за*

*внимание*



---

**ВОЗБУДИМОСТЬЮ** называется способность организма, органа, ткани или клетки отвечать на раздражение стандартной специфической реакцией

к **возбудимым** относим три типа тканей:

- нервную,
  - мышечную
  - железистую (секреторную).
-

# Сравнительная характеристика ЛО и ПД

---

- |   |   |
|---|---|
| <ol style="list-style-type: none"><li>1. <b>ЛО</b> пропорционален силе раздражителя.</li><li>2. ЛО может суммироваться до тех пор, пока изменения мембранного потенциала не достигнут КУД</li><li>3. ЛО не передается по мембране</li></ol> | <ol style="list-style-type: none"><li>1. <b>ПД</b> не зависит от силы раздражителя и подчиняется закону «<b>все или ничего</b>»</li><li>2. ПД не суммируется</li><li>3. ПД передается по мембране</li></ol> |
|---|---|
-

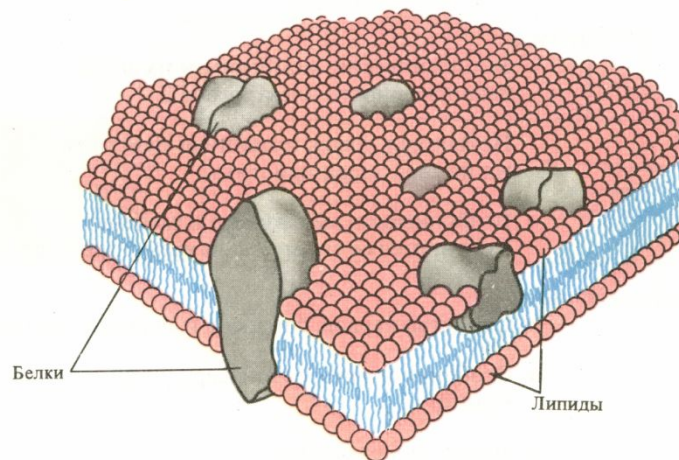
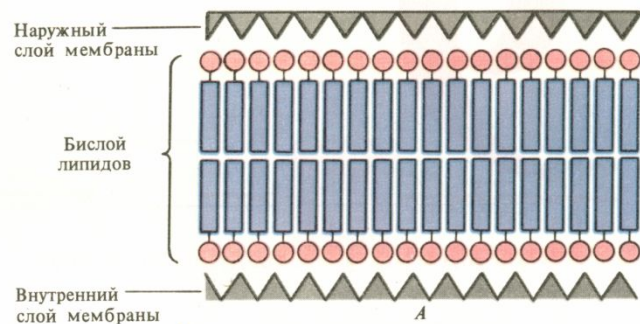
---

*Минимальная сила  
раздражителя, которая  
необходима для возникновения  
возбуждения, называется  
**ПОРОГОМ ВОЗБУЖДЕНИЯ**  
или порогом реакции.*

Порог возбуждения служит  
мерой возбудимости ткани.

# Строение мембраны

219 ПОСЛУЖИТЕ И ПОСВЕДИТЕ СЛОВО



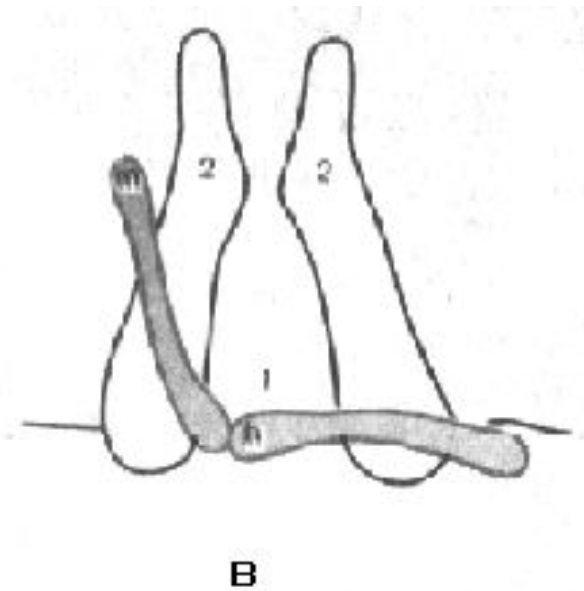
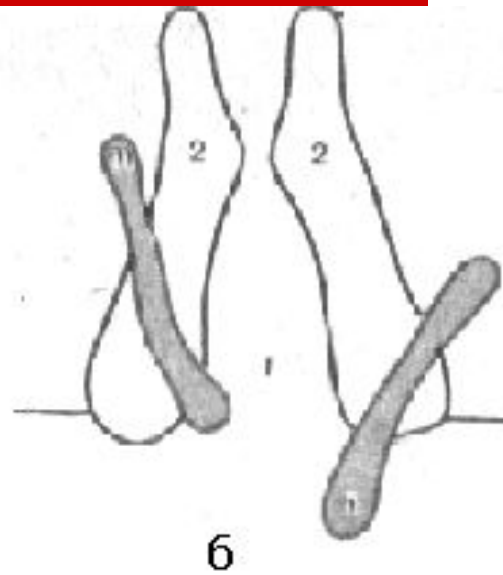
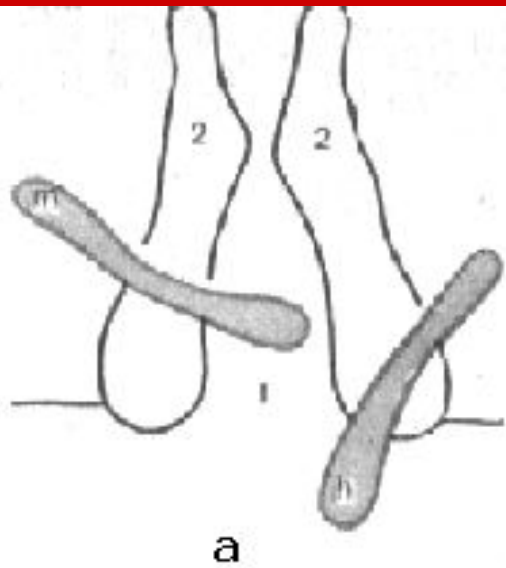
два свойства мембраны, необходимые для  
понимания  
Формирования МПП

---

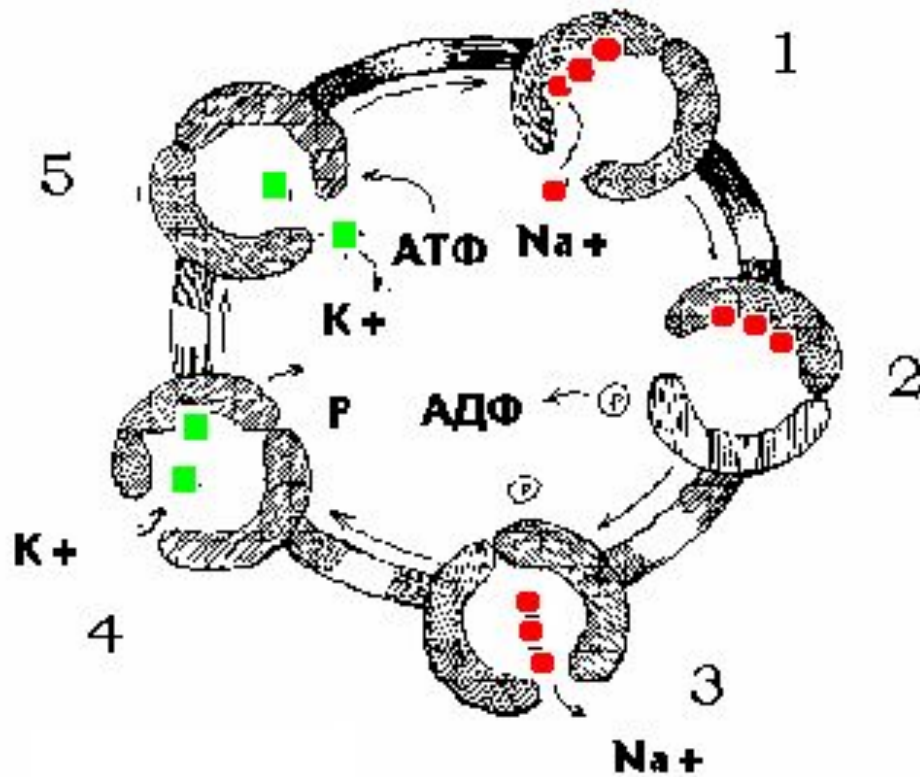
- 1. работа ионных каналов**
  - 2. работа НАТРИЙ -  
КАЛИЕВОГО НАСОСА**
-

# Натриевые каналы

---



# Цикл работы **НАТРИЙ - КАЛИЕВОГО** насоса



# Концентрации ионов внутри и снаружи клетки (ммоль/л)

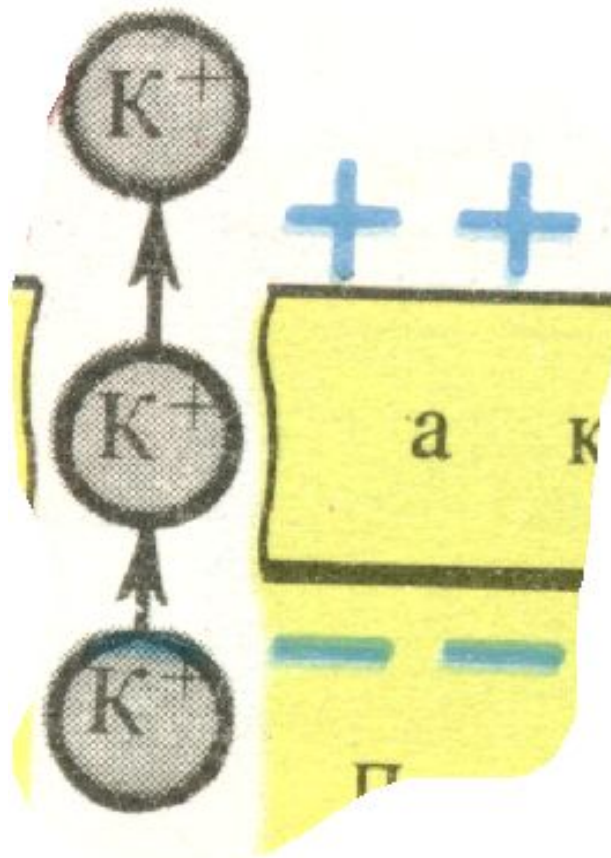
---





# Что происходит в клетке в покое?

---



# Изменение потенциала мембраны в ответ на действие раздражителя пороговой силы мембраны называется потенциал действия (ПД)

ВОЗБУЖДЕНИЕ И ВОЗБУДИМЫЕ ТКАНИ

