

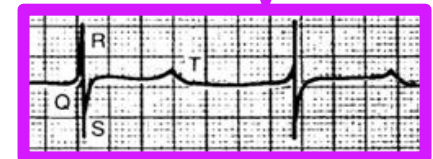


# Электрические свойства тканей

## организма

Пассивные

Активные



Ростов-на-Дону  
2012

## **Содержание лекции №6**

- **Процессы, происходящие в тканях организма под действием электрических токов и электромагнитных полей**
- **Пассивные электрические свойства тканей**
- **Электрический диполь. Электрическое поле диполя.**
- **Токовый диполь. Электрическое поле токового диполя в неограниченной проводящей среде.**
- **Представление об эквивалентном электрическом генераторе сердца, головного мозга и мышц**

# Процессы, происходящие в тканях организма под действием электрических токов и электромагнитных полей

Живые ткани являются **композиционными** средами:

объемное **сочетание разнородных** компонентов  
Одни структурные элементы тканей обладают свойствами проводников, а другие – диэлектриков.

Проводники – это вещества, в которых есть **свободные** заряды, способные перемещаться под действием электрического поля.

(ионы)

токи проводимости

Диэлектрики – все заряды неподвижны = **связанные** заряды  
(диполи)

определяют

поляризацию  
биологических тканей

# ❖ Первичное действие постоянного тока связано с

направленным движением ионов,  
их разделением и изменением их  
концентрации в разных элементах тканей у БМ,  
а также с поляризационными явлениями.

В этом случае тело человека обладает свойствами

проводника. В тканях возникает ток проводимости, который течет по межклеточной жидкости

Здесь ток встречает наименьшее сопротивление

Лечебное применение постоянных токов и полей

Гальванизация

Лекарственный электрофорез

Франклинизация

Аэроионизация



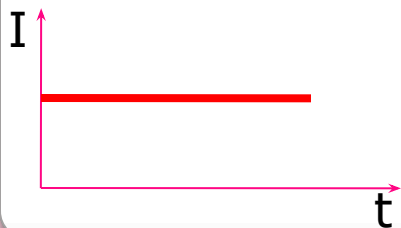


Луиджи Гальвани  
1737-1798

Итальянский анатом и  
физиолог. **Болонья.**



**Гальванизация** – физиотерапевтический метод применения с лечебной целью **постоянного непрерывного** электрического тока **малой** силы до **50 мА** и **низкого** напряжения **60-80 В**, подводимого к телу человека через контактно наложенные электроды.



$I$  — до 50 мА

$U = 60 \div 80 В$

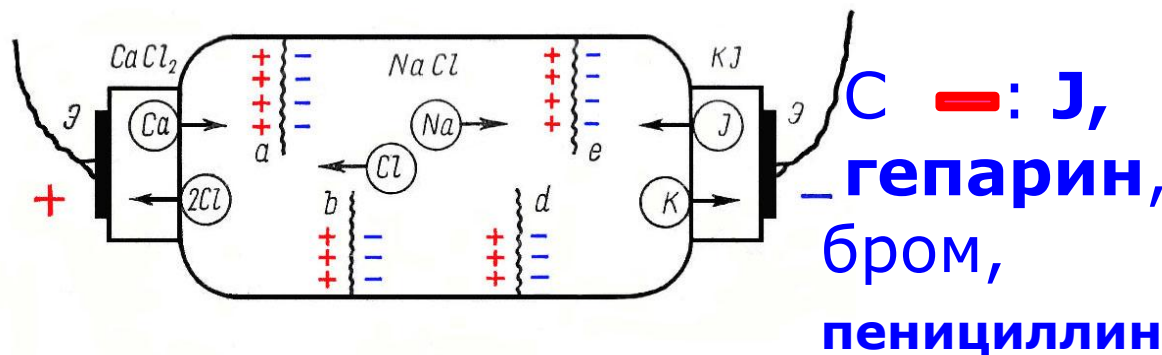


# Лекарственный электрофорез

Введение лекарственных веществ через кожу или слизистую оболочку с помощью **постоянного** тока.

$$U = 60 \div 80V \quad I \text{ до } 50 \text{ мА}$$

Лекарство вводят с того полюса, зарядом которого оно обладает.



С **+** : **Li, Na, Ca, новокаин**



**Глубина проникновения 0,5 – 0,7 см**



1. Лекарство вводится в **ионной**, а не в молекулярной форме. ↑ его фармакологическая активность.

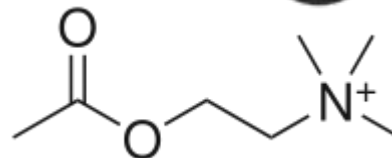
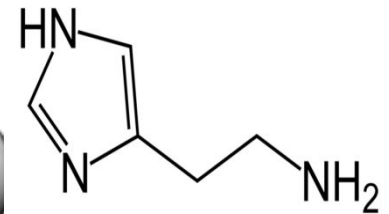
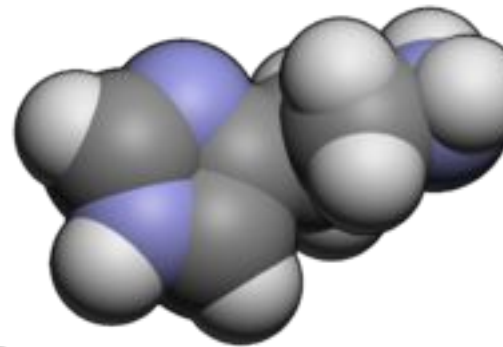
2. Создается **кожное депо ионов** - продлевается лечебный эффект до 20 дней.

3. Возможность создания максимальной концентрации в патологическом очаге



Кроме того, в биологических тканях образуются **биологически активные вещества**

**Гистамин**



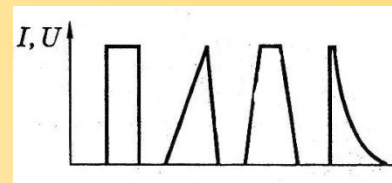
**АХ- ацетилхолин** - химический передатчик нервного возбуждения в холинергических синапсах.





# ❖ Механизм действия ИМПУЛЬСНЫХ ТОКОВ

Токи **НЧ** оказывают **раздражающее**  
**(стимулирующее) действие,**

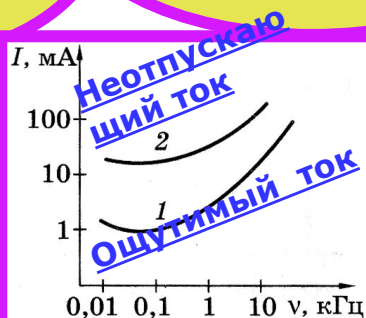


так как есть быстрое перемещение и **накопление**  
ионов **Na<sup>+</sup>** и **K<sup>+</sup>** у клеточных мембран, а во время  
паузы – быстрое удаление

## Пороговые значения тока

**Порог  
ощутимого  
тока  
1 мА**

**Порог  
неотпускаю  
щего тока  
10-15 мА**



**Опасен ток  
– 50 мА**

**Лечебное применение  
НЧ токов**

**Диадинамические токи**

**Электросон**

**Ампипульстерапия**

**Стимуляторы**

**Дефибриллятор**

## ❖ Биологическое действие электромагнитного поля высокой частоты

Токи и поля **ВЧ** оказывают:

ТЕПЛОВОЕ + ОСЦИЛЛЯТОРНОЕ + СПЕЦИФИЧЕСКОЕ  
действие

### *ПОЧЕМУ тепловое?*

Высокая частота (ВЧ) – это частота  $> 200$  кГц. При этой частоте **смещение ионов соизмеримо** с их смещением в результате молекулярно-теплового движения.

Почему **нет** раздражающего действия токов ВЧ, как при действии токов НЧ?

# Нетепловое действие

**Осцилляторное** =  
**Oscillate** = вибрировать

## **Специфическое**

= **частотозависимые эффекты**

заключается в различных внутримолекулярных физико-химических процессах, структурных перестройках, которые могут менять функциональное состояние клеток ткани.

### Лечебное применение высокочастотных токов и полей

**Дарсонвализация**

**Диатермия**  
**Электрохирургия**

**Индуктотермия**

**УВЧ-терапия**

**СВЧ-терапия**

**КВЧ-терапия**

Действующий  
фактор

Эл. ток

Эл. ток

**магнитное поле**

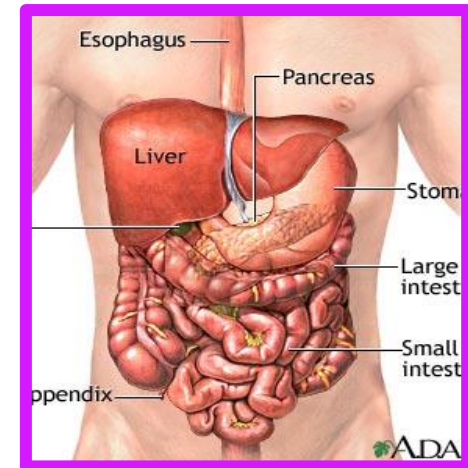
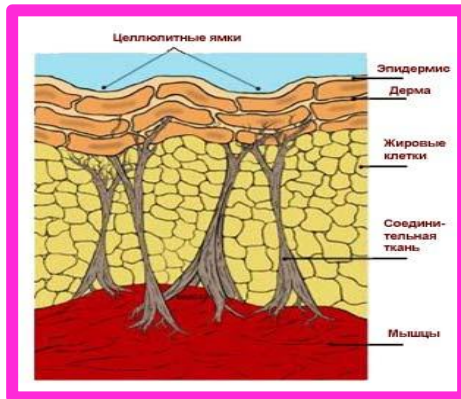
электрическое поле

**э/м волны**

# Пассивные электрические свойства тканей тела человека

Живые ткани являются **КОМПОЗИЦИОННЫМИ** средами:

объемное **сочетание**  
разнородных КОМПОНЕНТОВ



# Биологические ткани разнородны по электропроводности и являются

## Проводники

Внутриклеточная и  
межклеточная жидкость

обладают  
свободными  
зарядами (ионы)

определяют  
электропроводность  
биологических тканей

$\rho$

токи проводимости

Белки

## Диэлектрики

БМ

обладают  
связанными зарядами  
(диполи)

определяют  
поляризацию  
биологических тканей

$\epsilon$

токи смещения **Свыше  
30 МГц**

Под действием **внешнего** электромагнитного поля  
возникают

# Электропроводность живых тканей

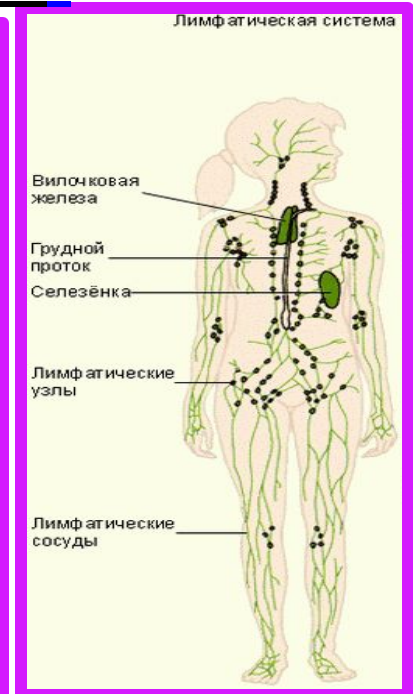
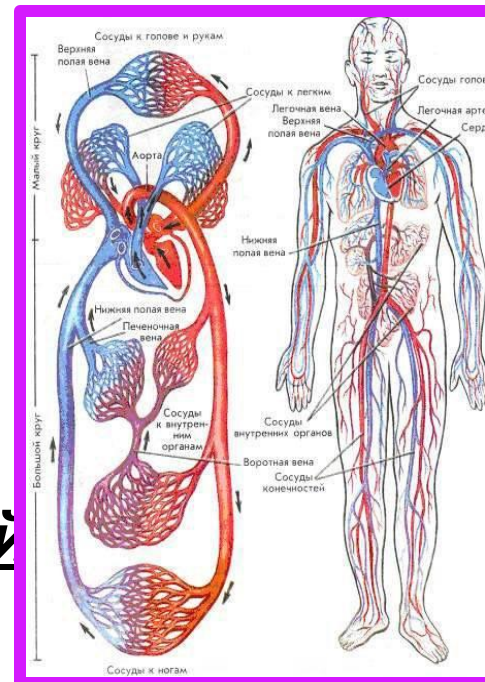
Электропроводность – это способность тканей пропускать электрический ток под воздействием электрического поля.

Электропроводность связана с присутствием ионов, которые являются свободными зарядами, создающими в организме ток проводимости.

$$G = \frac{1}{R}$$

[См] (сименс)

**Электропроводность живых тканей** определяется прежде всего **электрическими свойствами крови, лимфы, межклеточной жидкости и цитозоля.**





Электрический ток выбирает путь, на котором он встречается **наименьшее сопротивление**



Чем **больше** в тканях **жидкости**, тем электропроводность  $G$  ....

**ВОПРОС:** При потливости  $G$ ... **↑**

При воспалении  $G$ ... **↓**

## ***Удельные сопротивления*** различных тканей и жидкостей организма

<b>Ткань</b>	<b><math>\rho</math>, Ом·м</b>
Спинномозговая жидкость	0,55
Кровь	1,66
Мышцы	2
Ткань мозговая и нервная	14,3
Ткань жировая	33,3
Кожа сухая	$10^5$
Кость без надкостницы	$10^7$

Электропроводность биологических живых тканей определяется:

1. наличием **свободных ионов**:

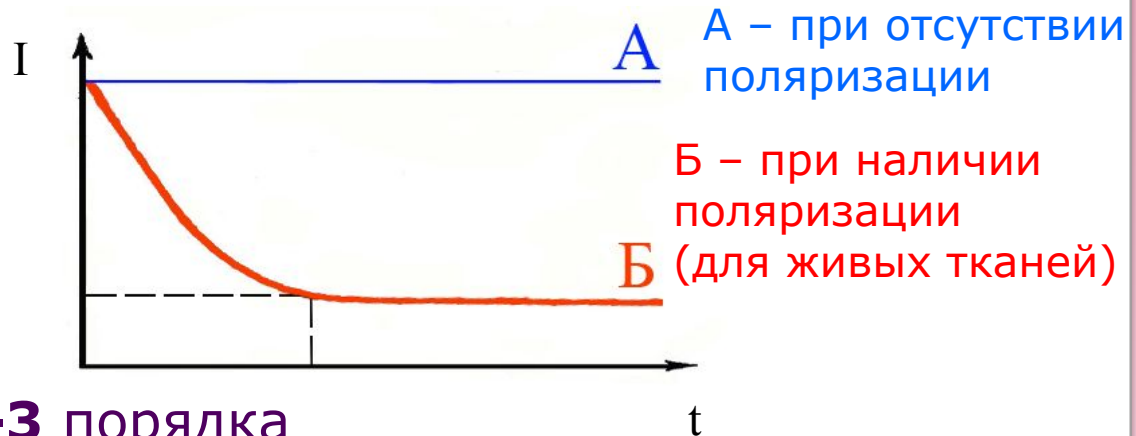
- Их **концентрацией** и
- Их **подвижностью**, а также

2. явлениями **поляризации**.

Закон Ома для биологических объектов

**не** выполняется.

$$I = \frac{U - \varepsilon_{\text{пол}}(t)}{R}$$



Уменьшение тока на **2-3** порядка связано с **явлениями поляризации**

# Диэлектрические свойства живых тканей

**Диэлектрики** – это вещества, в которых **нет** свободных носителей зарядов; только **связанные заряды = диполи**.

При помещении во внешнее электрическое поле, эти **диполи ориентируются вдоль силовых линий поля**. Поле внутри диэлектрика ослабляется, возникают токи смещения.

**Поляризация** – это смещение диполей под действием электрического поля и образование вследствие этого ЭДС, направленной **против** внешнего поля.

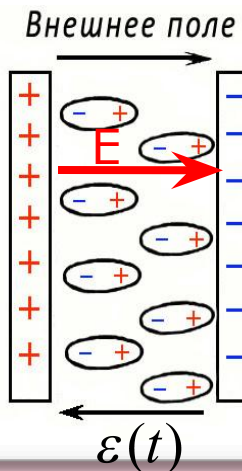
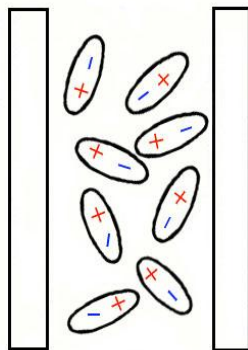
## Виды поляризации

### 1. Электронная

Смещение электронных облаков атомов.

Характерна для неполярных диэлектриков. Инертные газы.

### 2. Ориентационная = дипольная



Для полярных диэлектриков. Керосин.

$$\epsilon_{\text{воды}} = 81$$

$$\epsilon_{\text{крови}} = 85$$

$$\epsilon_{\text{жира}} = 6-12$$

### 3. Ионная

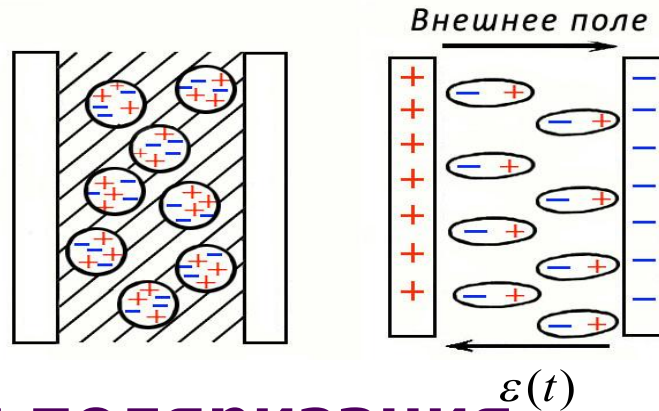
Для кристаллических диэлектриков

# ПОЛЯРИЗИЦИЯ ЖИВОЙ ТКАНИ

**1. Макрополяризация = поверхностная поляризация . За счет наличия **БМ****

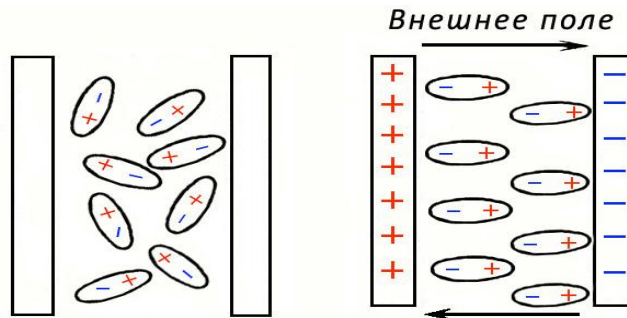
**Компартмент**

Участвует двойной электрический слой



**2. Ориентационная поляризация макромолекул**

**Белки**



**3. Поляризация микромолекул **ВОДЫ** в белковых комплексах.**

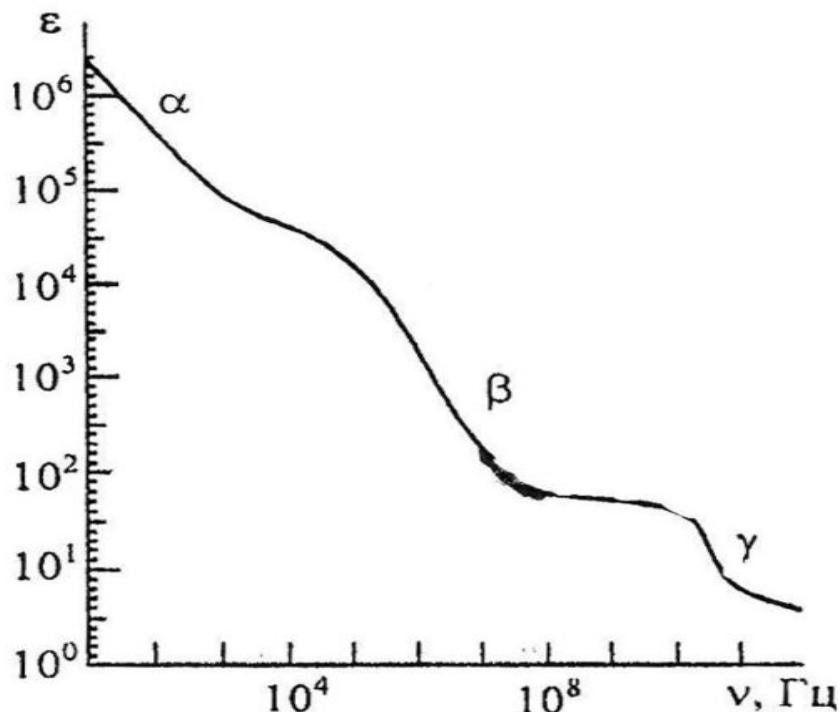
# Дисперсия диэлектрической проницаемости. Области $\alpha$ - , $\beta$ - и $\gamma$ - дисперсии

Это зависимость  $\varepsilon = f(\nu)$

Шванн, 1963 г

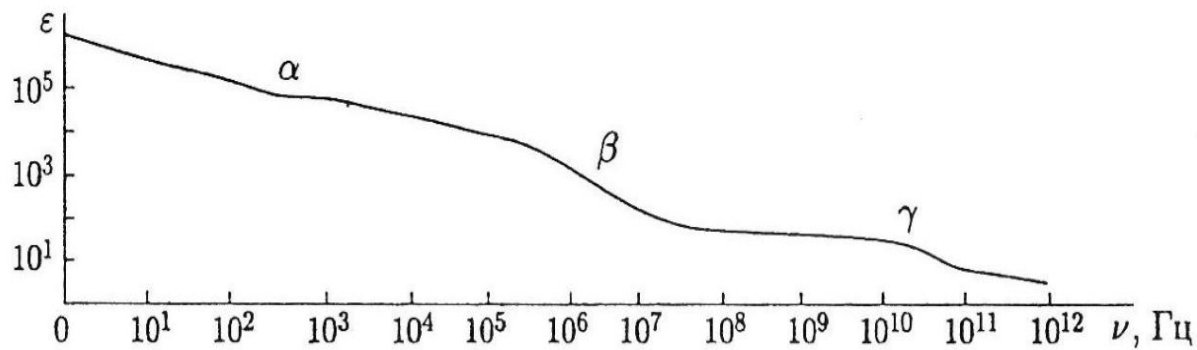
С  $\uparrow$  частоты  $\varepsilon$   $\downarrow$ , так как **поляризационные явления** сказываются **меньше**

Выделяют 3 области дисперсии, что указывает на различие механизмов поляризации тканей в разных частотных диапазонах.



Дисперсия диэлектрической  
проницаемости скелетной мышцы





Область  **$\alpha$ -дисперсии** занимает область низких частот до 1 кГц. Здесь силен эффект поверхностной поляризации: с  $\uparrow \nu$  вращение гигантских диполей **запаздывает** по отношению к  $E_{\text{внеш}}$

Область  **$\beta$ -дисперсии** от  **$10^4$  до  $10^8$  Гц** (радиочастоты). Выпадает ориентационная поляризация белковых макромолекул. Они не успевают поворачиваться

Область  **$\gamma$ -дисперсии** ( **$>10^{10}$  Гц** – микроволновые частоты).  
 $\downarrow$  степень поляризации молекул воды.  
 Даже они не успевают поворачиваться с такой частотой.

# Природа емкостных свойств тканей человека

**Два** вида емкостей в живых тканях:

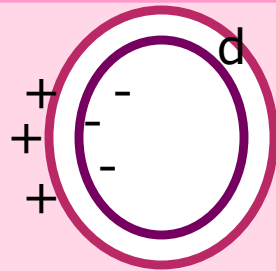
## Статическая ёмкость

$$C_{ст} = \frac{\epsilon_0 \epsilon S}{d}$$

Цитоплазма клеток и тканевая жидкость – электролиты разделены – **конденсатор**.

Практически **не зависит** от функционального состояния ткани

$$C_{ст} = 1 \frac{\text{мкФ}}{\text{см}^2}$$



## Поляризационная ёмкость

**возникает!** в момент прохождения тока (ионы – накапливаются около БМ, диполи – смещаются и переориентируются).

$$C_p = 0,1 \div 10 \frac{\text{мкФ}}{\text{см}^2}$$

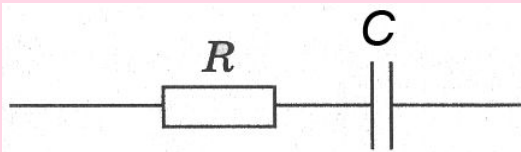
$$C_p = \frac{\Delta q}{\Delta \phi}$$

**Зависит** от функционального состояния ткани (высокая  $C_p$  характерна для **живых** неповрежденных тканей).

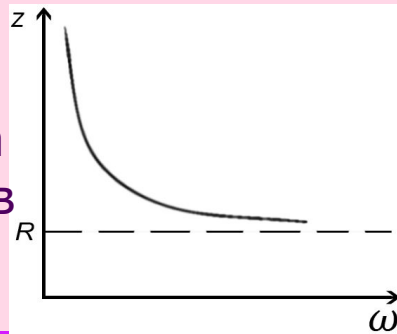
# Эквивалентные электрические схемы тканей организма

Это **модели** биологических тканей

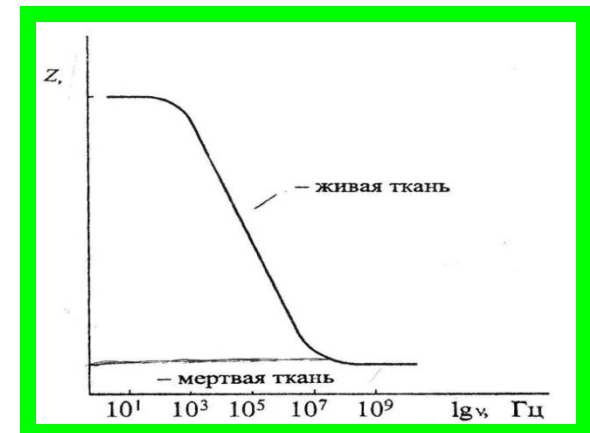
## 1. Последовательное соединение $R$ и $C$



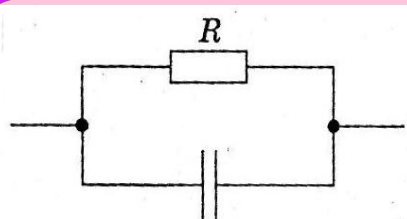
**Не** работает  
на **НЧ**.  
Конденсатор на  
**НЧ** – это разрыв  
цепи



Работу этих  
моделей  
проверяли по  
кривой  
дисперсии  
импеданса

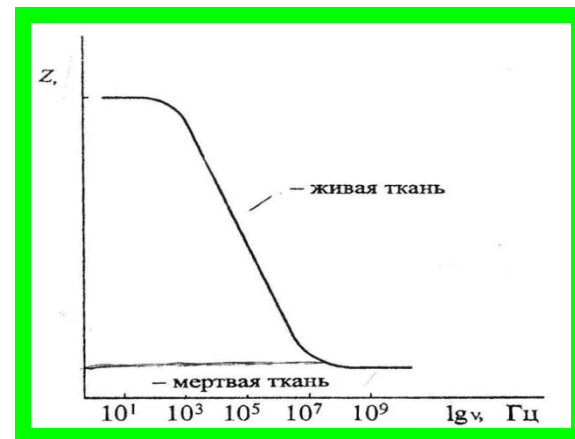
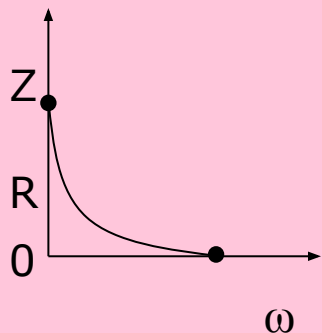


## 2. Параллельное соединение R и C

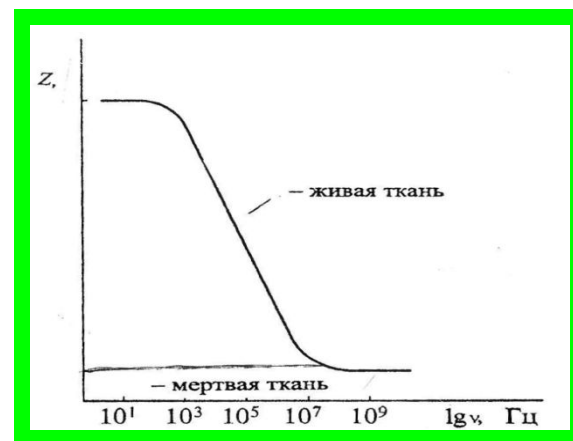
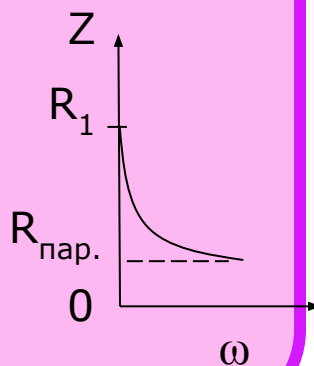
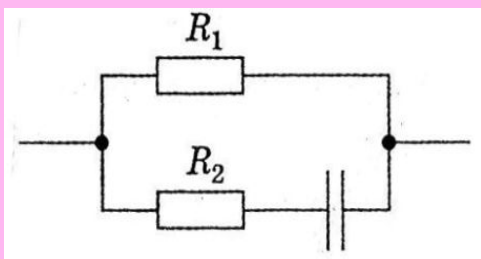


Не работает  
на ВЧ

$$X_C = \frac{1}{\omega C}$$



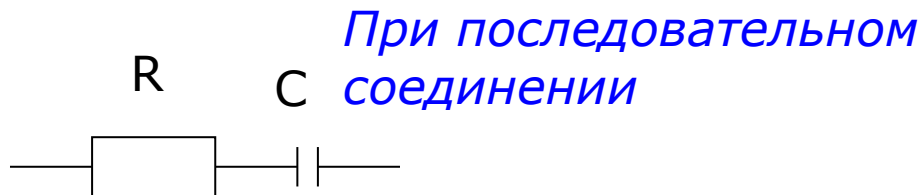
## 3. Межклеточное $R_1$ и внутриклеточное $R_2$ сопротивления



## Полное сопротивление (импеданс) живых тканей, зависимость от частоты

Импеданс тканей организма – это полное сопротивление живых объектов **переменному** току. Это геометрическая сумма **активного** и **емкостного** сопротивления живых клеток

Сила тока опережает по фазе приложенное напряжение

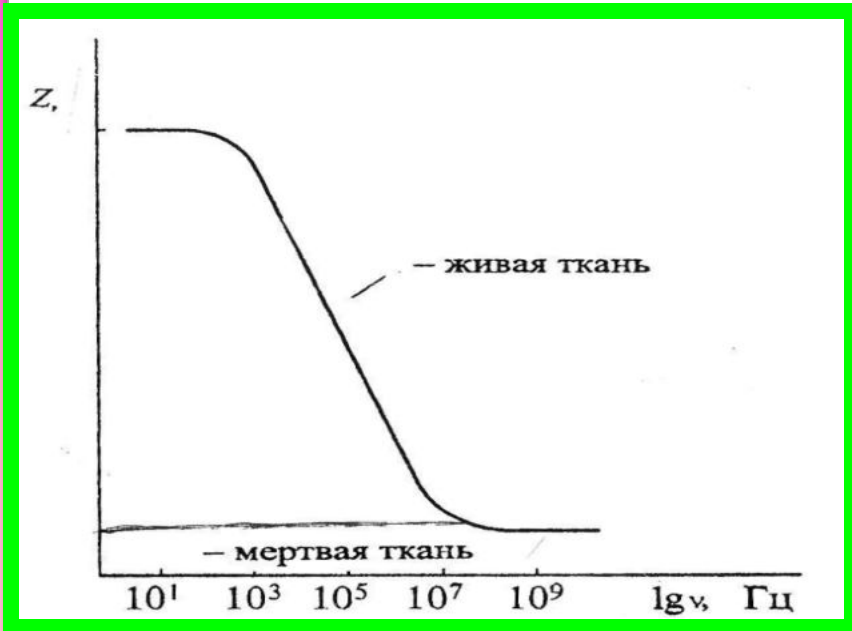


$$Z_{\text{ткани}} = \sqrt{R^2 + X_c^2}$$

[Ом]

$$Z_{\text{ткани}} = \sqrt{R^2 + \frac{1}{\omega^2 C^2}}$$

# Зависимость импеданса от частоты



$$Z = f(\nu)$$

Частотная зависимость импеданса =  
= **дисперсия**  
импеданса

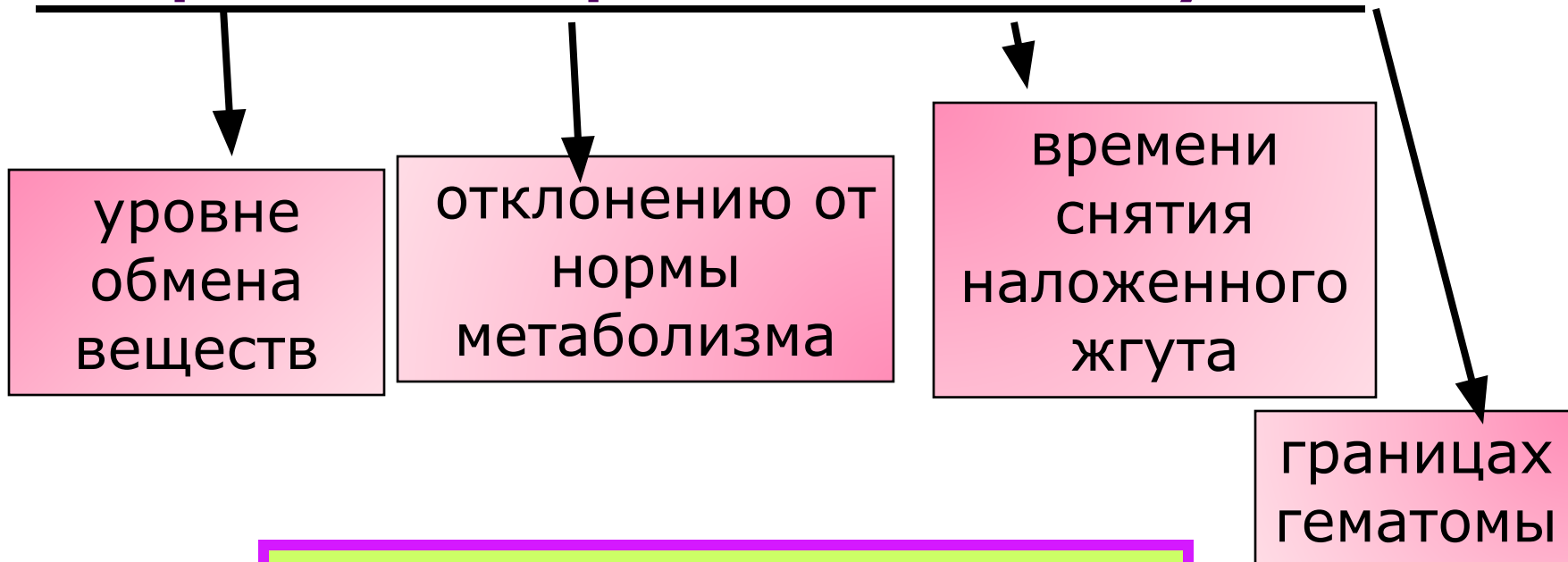
По мере  $\uparrow$  частоты  $\nu$   
импеданс  $\downarrow$   $Z$ .

Дисперсия импеданса – это результат того, что при **низких** частотах, как и при постоянном токе, электропроводность связана с поляризацией. И по мере  $\uparrow$  частоты  $\nu$  поляризационные явления сказываются меньше.



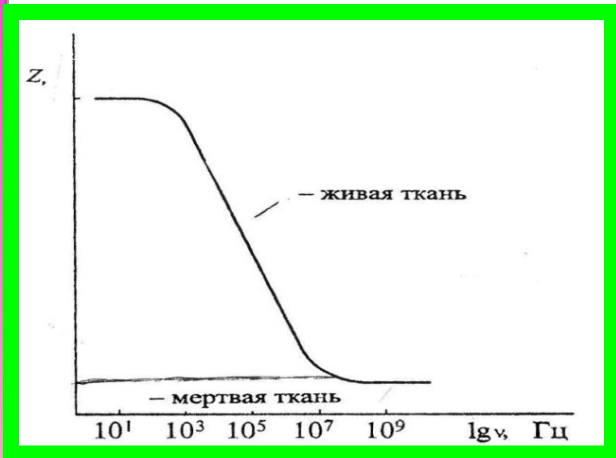
**Дисперсия** импеданса присуща только **ЖИВЫМ** клеткам

**По кривой дисперсии импеданса судят о**



**Корреляция только с содержанием креатинфосфокиназы**

# Коэффициент поляризации



$$K = \frac{Z_{\text{НЧ}}}{Z_{\text{ВЧ}}}$$

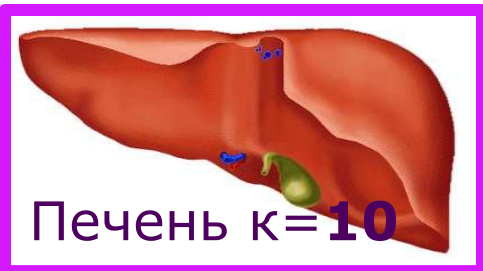
$K > 1$  - живая ткань  
 $K = 1$  - мертвая ткань

Судят  
о

уровне  
метаболизма



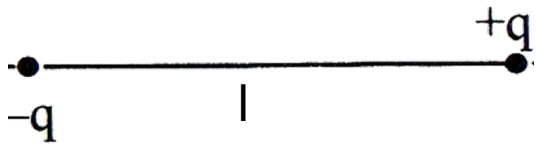
положении в  
эволюционном  
ряду



E. Coli  
 $\kappa=2$

# Электрический диполь

Это система двух зарядов, равных по модулю, но противоположных по знаку.

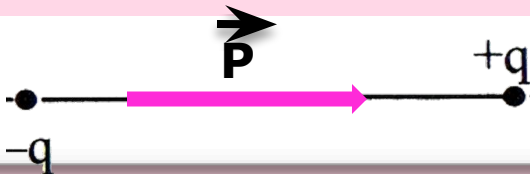


Где  $l$  – плечо диполя,  
 $P$  – **дипольный момент =  
электрический момент**

$$\vec{P} = q \cdot \vec{l}$$

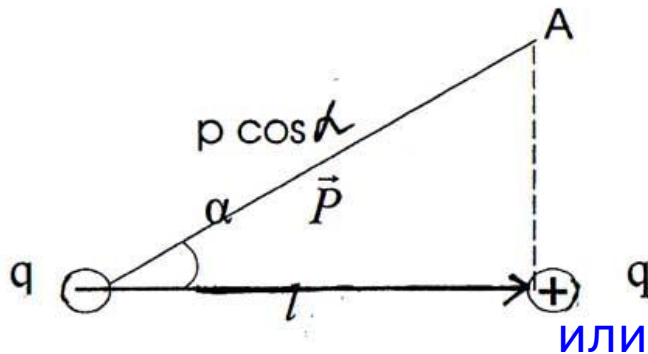
$$p = [Кл \cdot м]$$

Дипольный момент направлен от минуса к плюсу



# Электрическое поле диполя

Сам диполь является **источником** электрического поля.



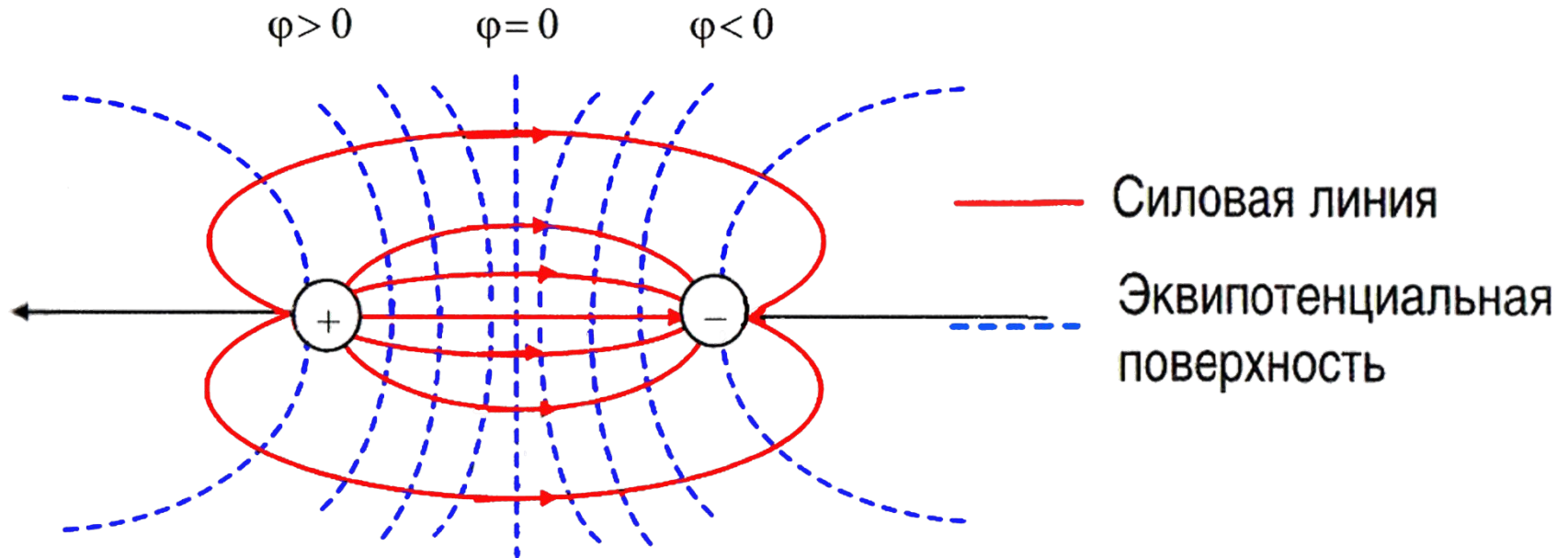
$$\varphi \approx P \cos \alpha$$

Потенциал в т. А прямо пропорционален проекции дипольного момента.

$$\varphi_A = K \frac{P \cdot \cos \alpha}{\varepsilon r^2}$$

$$\varphi_A = \frac{P \cdot \cos \alpha}{4\pi \varepsilon_0 \varepsilon r^2}$$

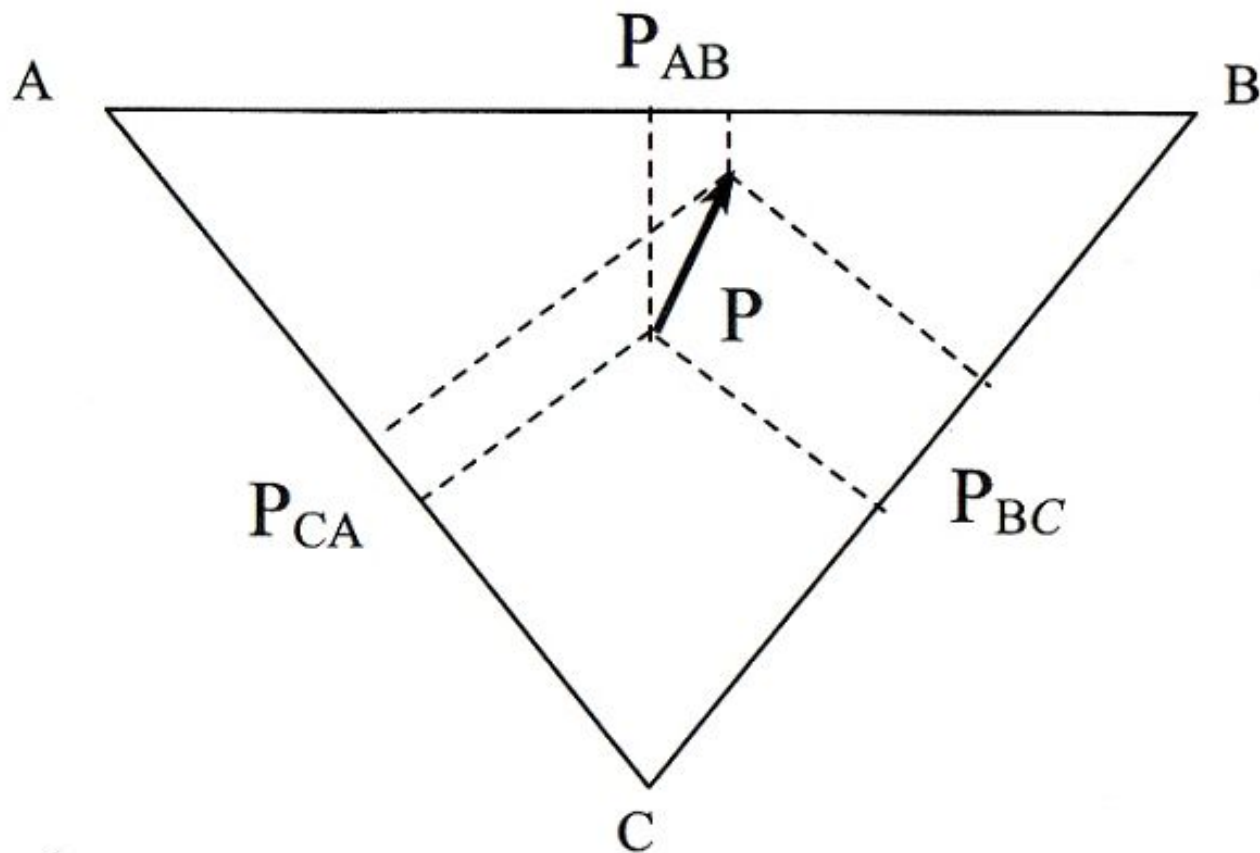
## Электрическое поле диполя (продолжение)



**Диполь** – это частный случай системы электрических зарядов, обладающих определенной симметрией.

Общее название – **электрический мультиполь**.

# Диполь в равностороннем треугольнике



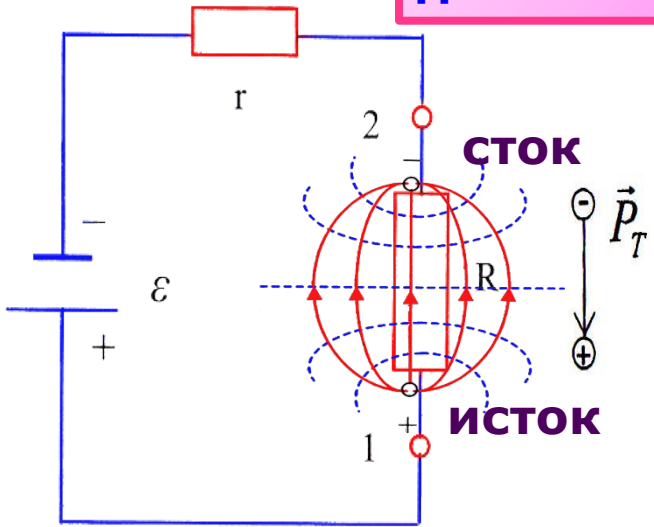


# Токовый диполь

Токовый диполь – это **двухполюсная система**, состоящая из **истока**  $\oplus$  и **стока**  $\ominus$  тока в проводящей среде

$$I = \varepsilon / (R + r)$$

$r \gg R$  – **токовый диполь**



**Ток токового диполя:**

$$I = \frac{\varepsilon}{r}$$

$r$  – внутреннее сопротивление источника тока;  
 $R$  – сопротивление проводящей среды;  
 $l$  – расстояние между истоком и стоком  
 $\varepsilon$  – ЭДС источника тока.

**Электрический момент токового диполя:**

$$\vec{P}_T = I \cdot \vec{\square}$$

[А·М]

Направлен от **минуса к плюсу** от **возбужденного** участка к **невозбужденному**

## Электрическое поле токового диполя в неограниченной проводящей среде

Потенциал электрического поля **токового** диполя: (дипольного электрического генератора).

$$\varphi = \frac{P_T \cdot \cos \alpha}{4\pi\gamma r^2}$$

или

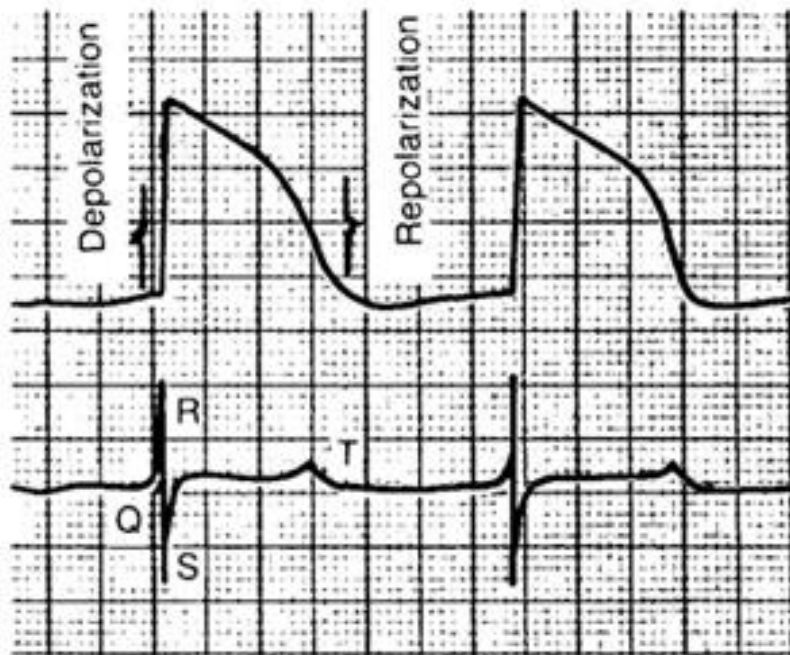
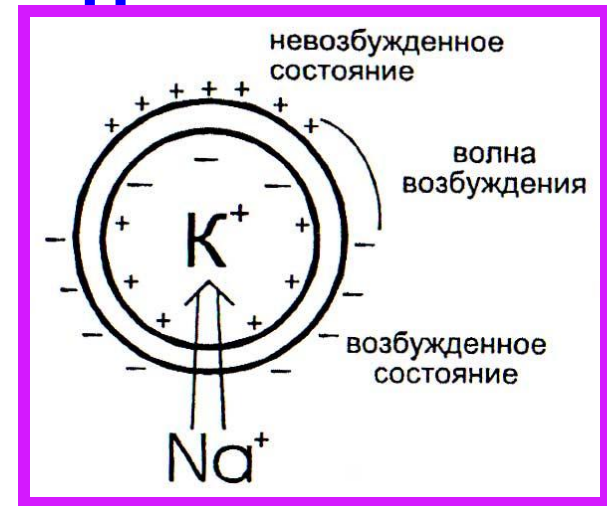
$$\varphi = \frac{\rho}{4\pi} \cdot \frac{P_T \cos \alpha}{r^2}$$

$\rho$ -удельное сопротивление

Где  $\gamma$  удельная электропроводность, характеризует проводящие свойства среды.

# Откуда берется этот диполь и дипольный момент в организме?

Это распространение волны возбуждения по нервным и мышечным волокнам.

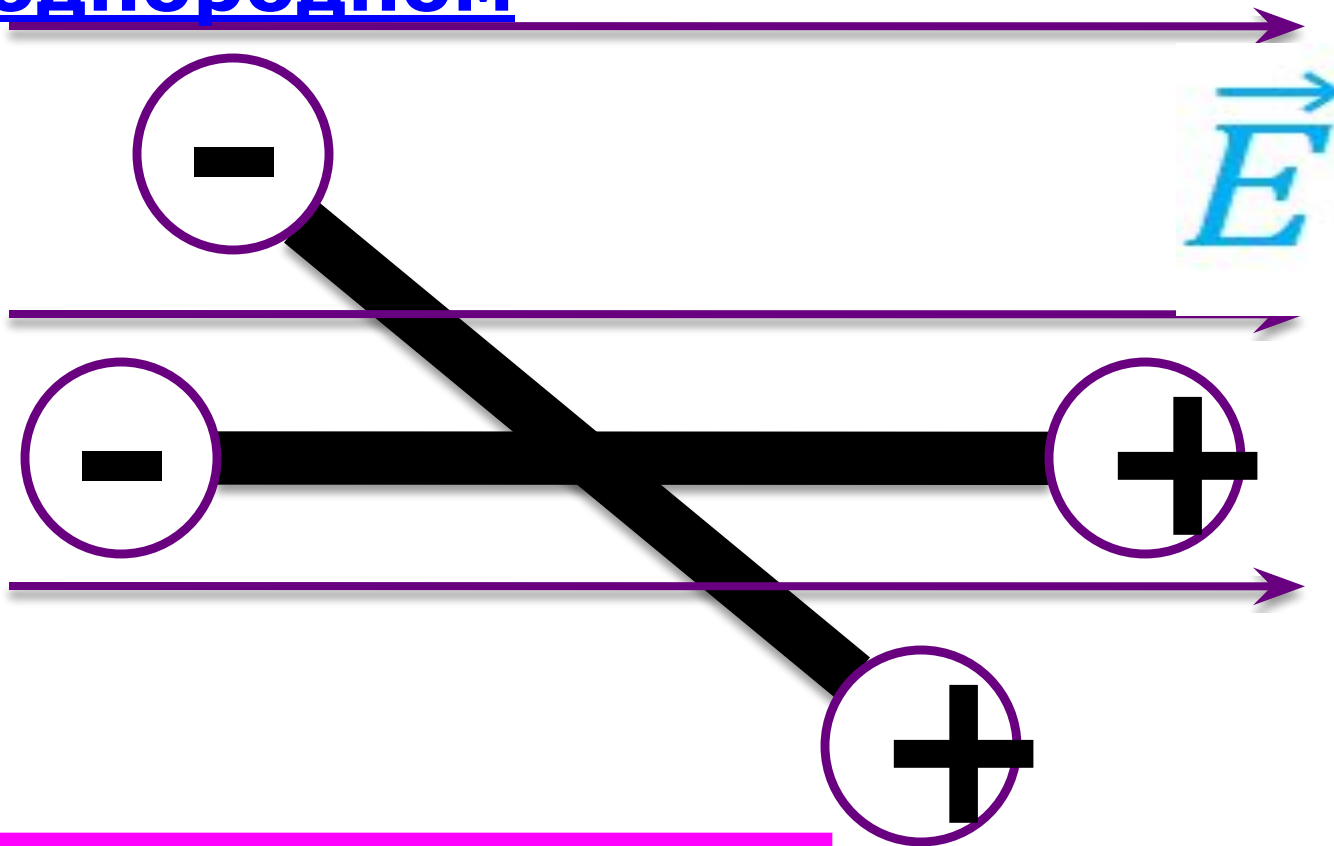


Изменения электрического поля сердца происходят при деполяризации и реполяризации мембраны клеток сердца.

**Корреляция** между кривой трансмембранного потенциала действия и кривой ЭКГ

# Диполь в электрическом поле

- В однородном



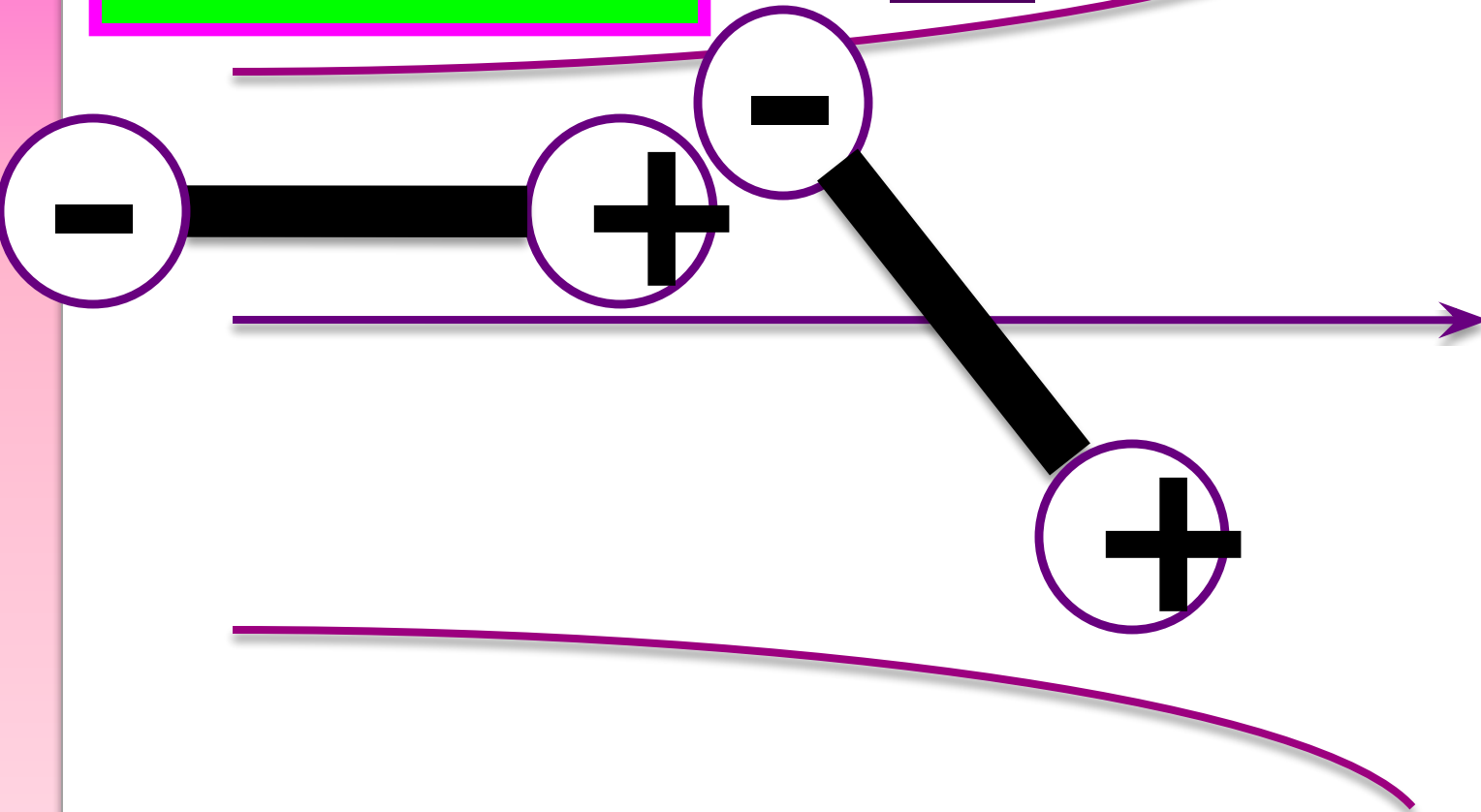
$$M = p \cdot E \sin \alpha$$

$M$  - вращающий  
момент

## • В неоднородном

$$F = p \frac{dE}{dx}$$

на диполь действует сила, зависящая от его электрического момента и от степени неоднородности поля



## Представление об эквивалентном электрическом генераторе сердца, головного мозга и мышц

Биопотенциал *органа* отличается от биопотенциала *клетки*, так как

$$\text{БП}_{\text{органа}} = \sum \text{пд}_{\text{отдельных клеточных элементов}}$$

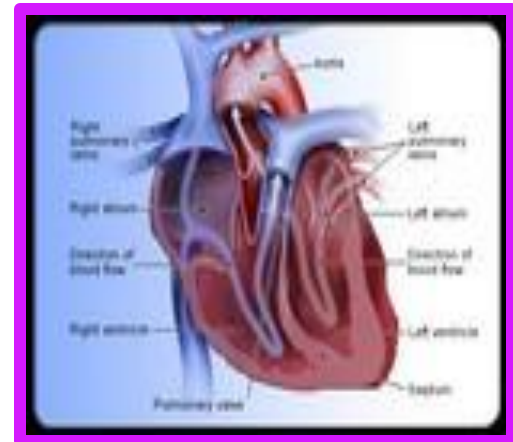
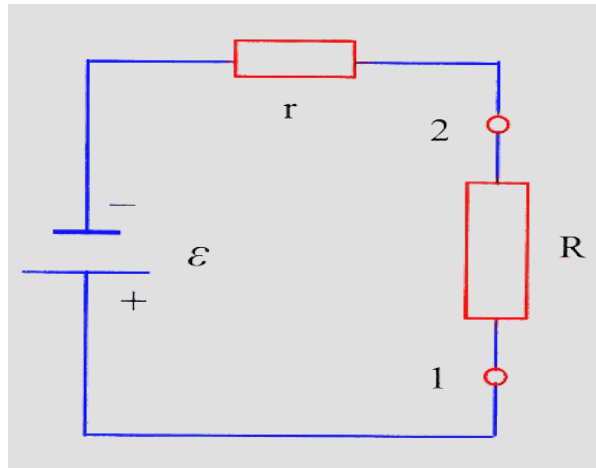
Очень трудно описать изменения во времени. Надо учитывать не только  $I$  и  $l$  каждого из диполей, но и фазовые сдвиги между биопотенциалами под электродами. Поэтому для оценки функционального состояния органа по его электрической активности используют принцип эквивалентного генератора.

## **Принцип эквивалентного генератора.**

Он состоит в том, что **изучаемый орган**, состоящий из множества клеток, возбуждающихся в различные моменты времени, **представляется моделью единого эквивалентного генератора, который находится внутри !** организма. Этот генератор создает на **поверхности !** тела электрическое поле, которое изменяется в соответствии с изменением электрической активности изучаемого органа.



**ПРИМЕР:** В теории Эйнтховена **сердце**, клетки которого возбуждаются в сложной последовательности, представляется **ТОКОВЫМ ДИПОЛЕМ**. Он и является **ЭКВИВАЛЕНТНЫМ генератором**.

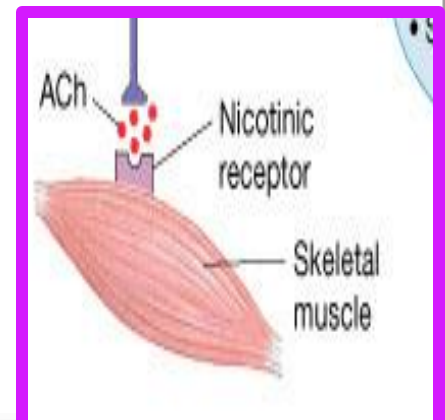


**ПРИМЕР:** **Мозг, мышцы** также являются источниками биопотенциалов, создают вокруг себя э/м поле,



которое **меняется** с течением времени.

$$\Delta\varphi = f(t)$$



**ЭКГ** – электрокардиография – регистрация биопотенциалов, возникающих в сердечной мышце при ее возбуждении;

**ЭРГ** – электроретинография – регистрация биопотенциалов сетчатки глаза, возникающих в результате воздействия на глаз;

**ЭЭГ** – электроэнцефалография – регистрация биоэлектрической активности головного **мозга**;

**ЭМГ** – электромиография – регистрация биоэлектрической активности **мышц**

**ВСЕ ОНИ МАЛОЙ АМПЛИТУДЫ И НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ.**

Биопотенциалы	Интервал частот, Гц	Амплитуда сигналов, мВ
ЭКГ	0,2 – 120	0,3 – 3,0
ЭЭГ	1 – 300	0,005 – 0,3
ЭМГ	3 – 600	0,03 – 1,5
ЭГГ	0,05 – 0,2	0,2 – 1,0

# Прямая и обратная задачи электрографии

## Прямая

выяснение  
механизма  
возникновения  
электрограмм.

*Расчет распределения  
электрического  
потенциала на  
заданной поверхности  
тела.*

## Обратная

*(диагностическая)*

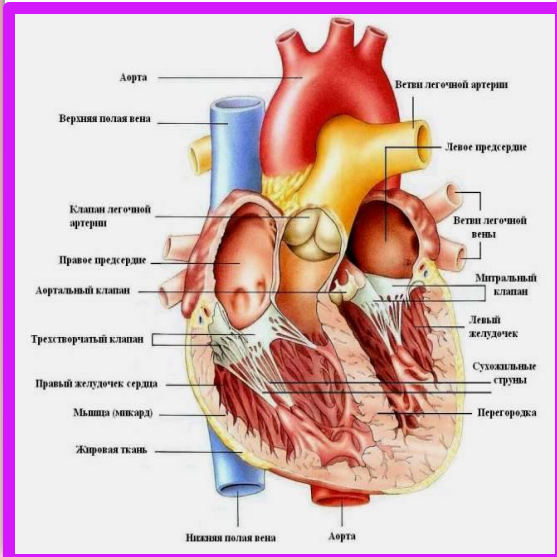
выявление  
**состояния органа**  
по характеру его  
электрограммы

*Регистрируя и измеряя  
ЭКГ, ЭЭГ, определяют  
функциональное  
состояние сердца,  
мозга.*

# Модель Эйнтховена

Это модель, в которой электрическая активность миокарда заменяется действием одного эквивалентного точечного генератора (диполя).

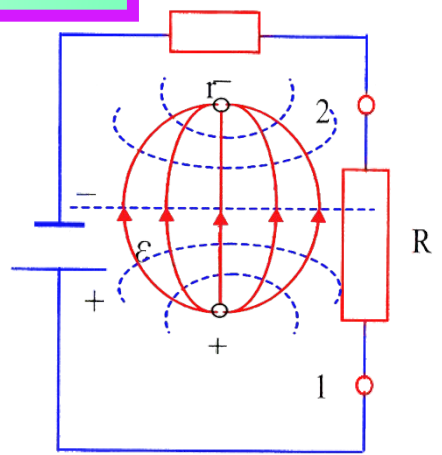
Интегральный вектор сердца = дипольный момент сердца. Это результирующий вектор отдельных векторов – совокупности множества точечных диполей.



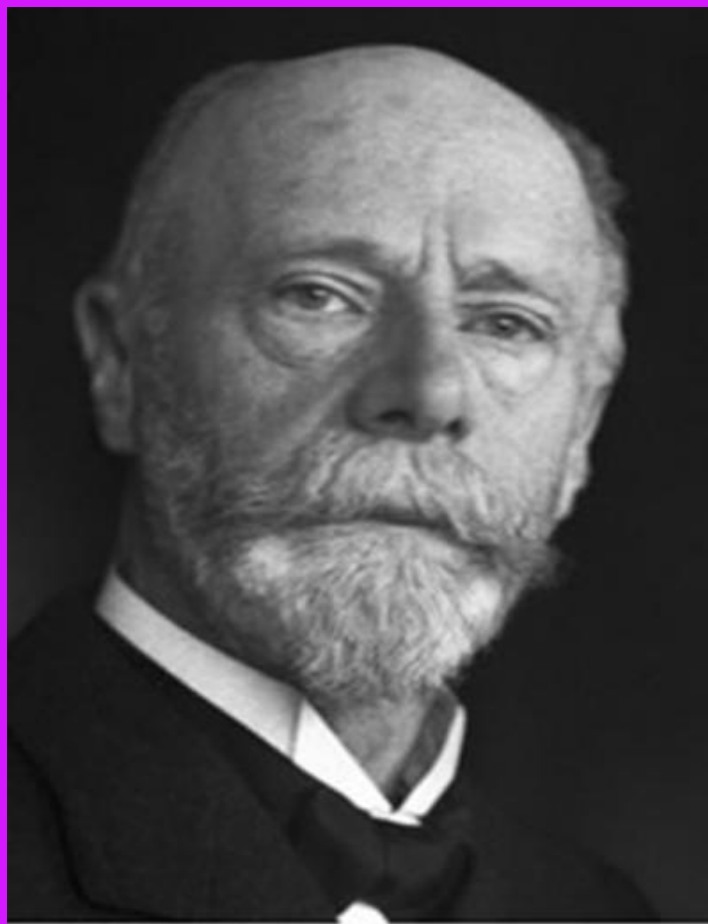
$$\vec{P}_c = \sum_{i=1}^n \vec{p}_i$$

$$\varphi \approx P \cos \alpha$$

$P_c$  **меняется беспрестанно.**



Исследуя изменения **напряжения** на поверхности тела человека, можно судить о **проекциях дипольного момента сердца**  $\vec{P}_{\vec{n}}$  и о **БП** сердца.



EINTHOVEN, Willem  
Nobel Laureate PHYSIOLOGY OR MEDICINE 1924  
© Nobelstiftelsen

## **ЭЙНТХОВЕН**

(Einthoven) Виллем (1860-1927), Нидерландский физиолог, основоположник электрокардиографии. Сконструировал (1903) прибор для регистрации электрической активности сердца, впервые (1906) использовал электрокардиографию в диагностических целях. Нобелевская премия по физиологии и медицине (1924).



# Основные положения теории Эйнтховена

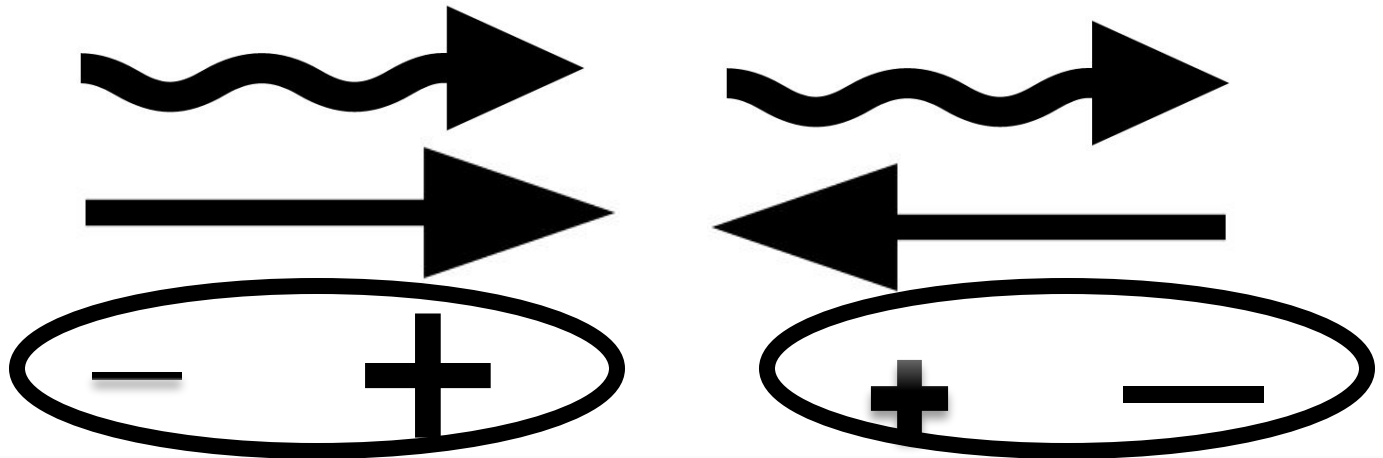
1. Сердце есть токовый диполь в однородной проводящей среде

Часть миокарда заряжена  возбуждена, а часть 

2. Дипольный момент сердца – этого токового диполя все время **поворачивается, изменяет свое положение** за время сердечного цикла.

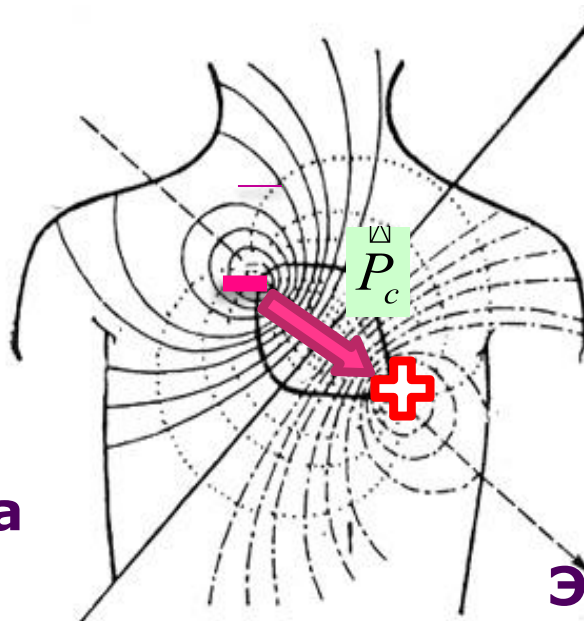
Направление  
процесса

Дипольный  
момент





3. В соответствии с этим изменяется разность потенциалов между определенными точками на теле человека.



**Электрическая ось сердца**

Теория **Эйнтховена**  
**нестрогая:**





1. Проводимость среды все время меняется (вдох-выдох);
2. Точка приложения  $P_c$  все время меняется;
3. Сердце – не точечный диполь.

**За год 100 миллионов ЭКГ – обследований.**





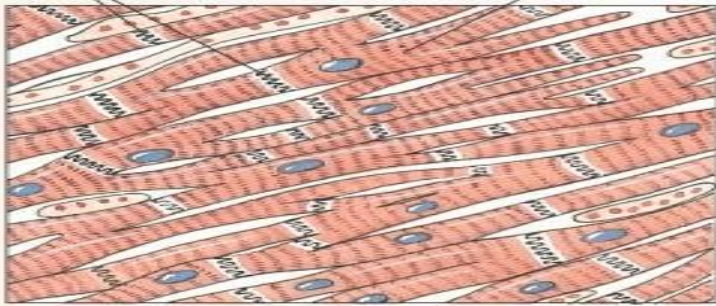
**Таблица**      **Значения дипольного момента  $P_c$**

<b>Объект</b>	<b>Масса сердца, г</b>	<b>Масса тела, кг</b>	<b><math>P_c</math>, мА×см</b>
Лягушка 	0,16 	0,036	0,005
Крыса 	 1,10	0,28	0,107
Собака 	100	14	1,63
Человек 	300	70	2,32
Лошадь 	3 000	400	13,0

В сердце имеются **2 типа клеток:**

**Сократительные  
кардиомиоциты**  
или **ТМВ**

**ФУНКЦИЯ: насосная**



Сердце – насос, **но !**  
**Насос электрический,**  
причем электричество в виде  
коротких импульсов оно  
вырабатывает **само.**

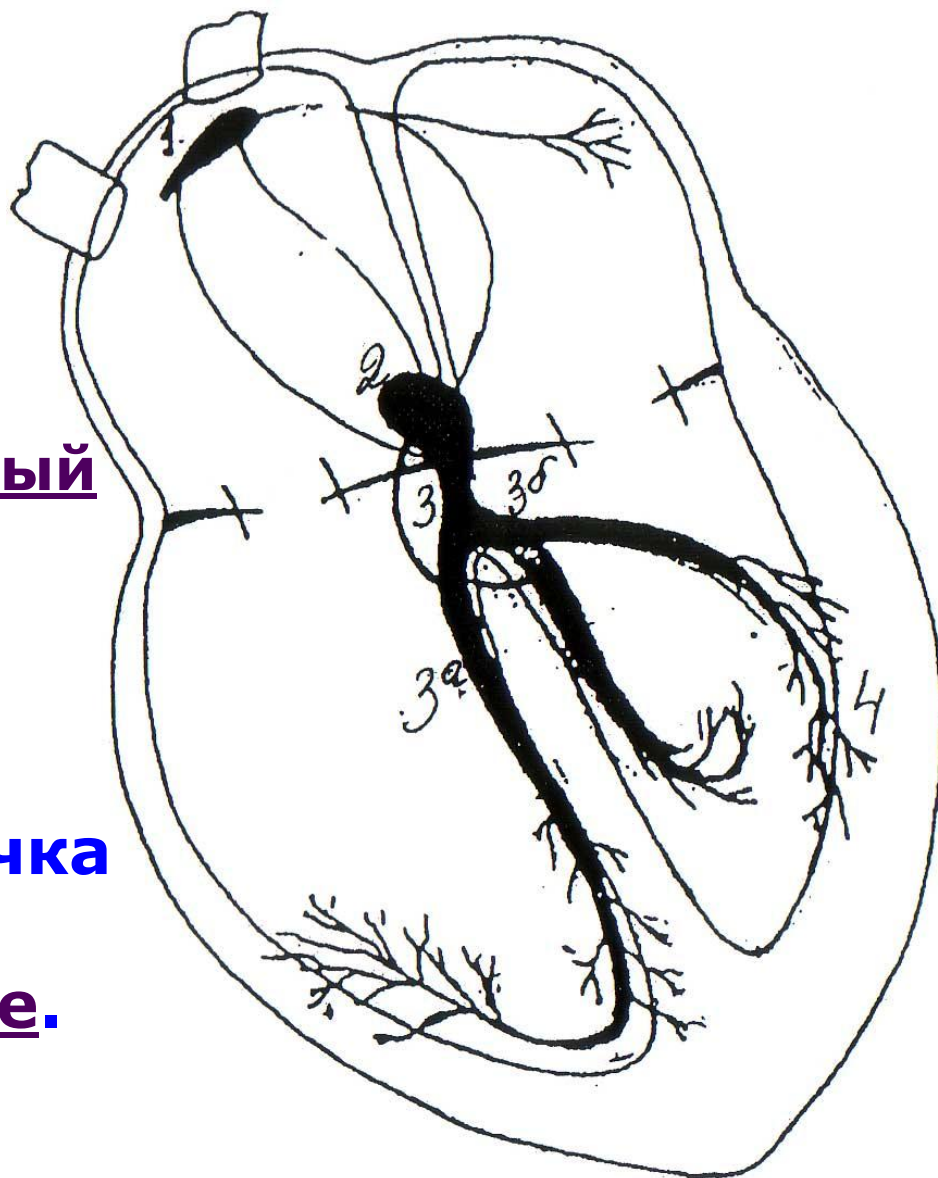
**Специализированные  
Специфическая**  
проводящая система  
или **АТМВ**

**Функция: формирование**  
**импульса и**  
**проведение возбуждения**  
от синоатриального узла до  
сократительных волокон желудочков.

**Автоматизм** – свойство миокарда  
возбуждаться под влиянием ПД,  
спонтанно возникающих в нем  
самом (без внешних стимулов)

## Проводящая система сердца

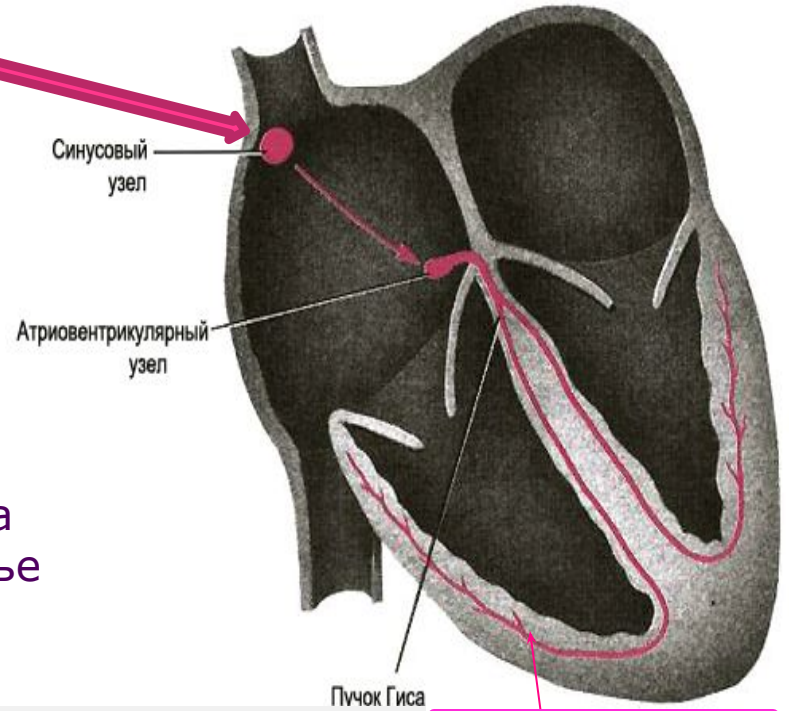
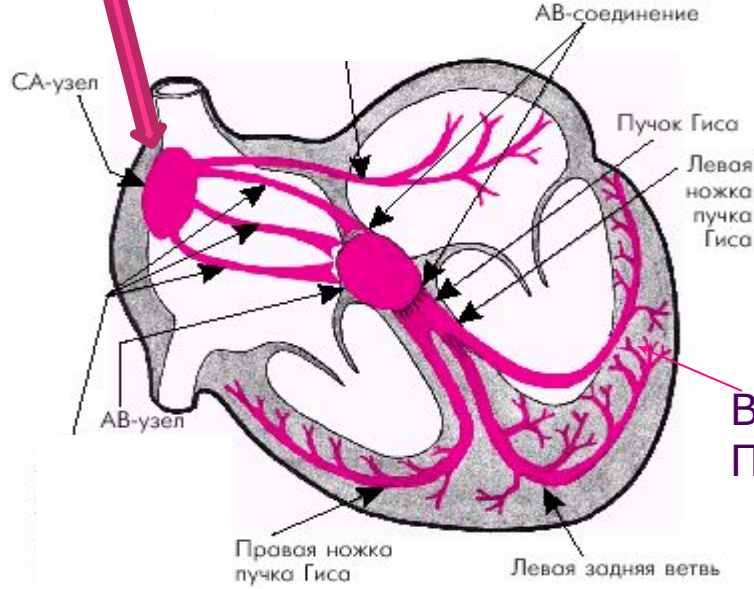
- 1 – синоатриальный (СА) узел;
- 2 – артриовентрикулярный (АВ) узел;
- 3 – пучок Гиса;
  - 3а – правая ножка пучка Гиса;
  - 3б – левая ножка пучка Гиса;
- 4 – волокна Пуркинье.





# Пейсмекер

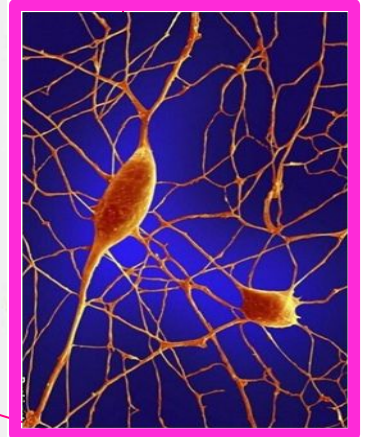
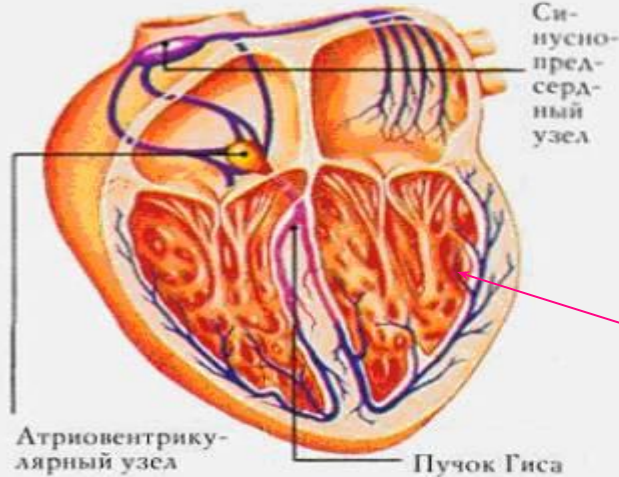
# Рассе-макер водитель ритма



Волокна Пуркинье

1. СА узел 0,03 м/с
2. АВ узел 0,02 м/с
3. Пучок Гиса 1 м/с
4. Волокна Пуркинье 4-5 м/с

## Система автоматизма сердца



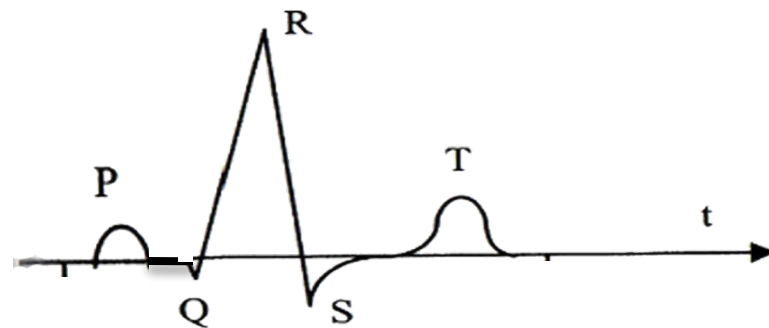
Волокна Пуркинье

# Генез электрокардиограмм в трех стандартных отведениях в рамках данной модели

**Электрокардиограмма (ЭКГ)** – это запись с поверхности тела напряжений, которые отражают распространение волны возбуждения по миокарду.

**Электрокардиограмма (ЭКГ)**- это регистрация биопотенциалов, возникающих при работе сердца.

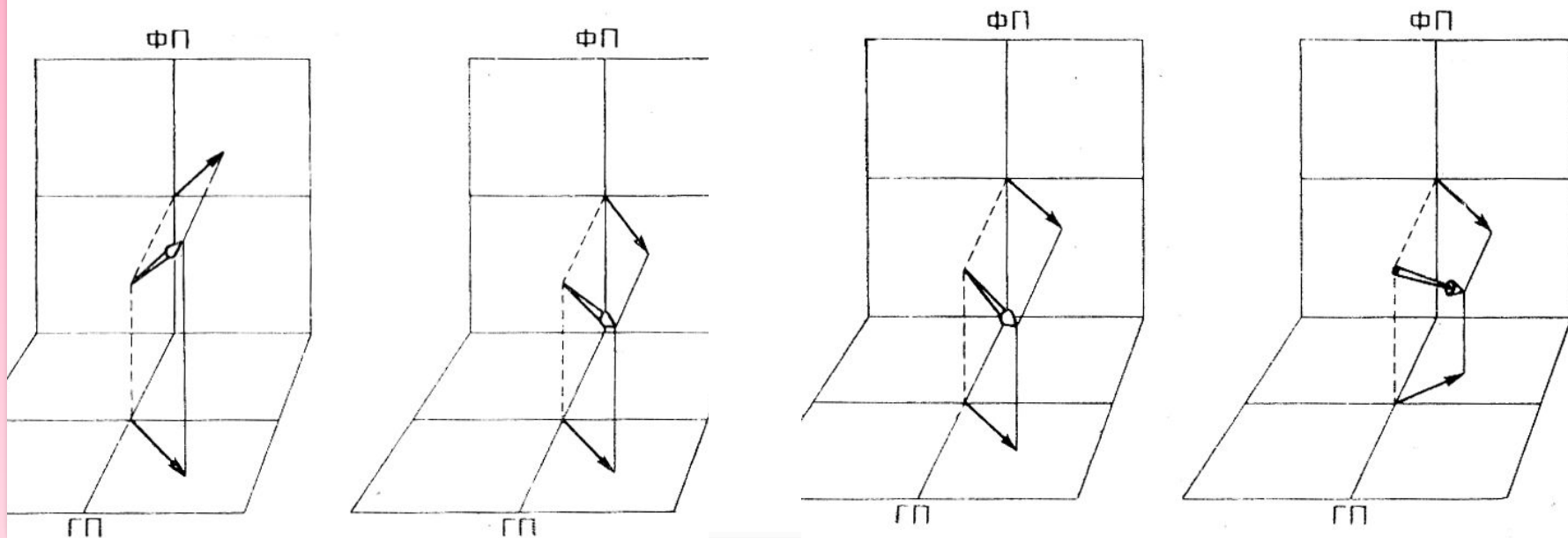
- Зубец **P** - **деполяризация** (возбуждение) предсердий
- **QRS**- **деполяризация** (возбуждение) желудочков
- Зубец **T** – **реполяризация** (расслабление) желудочков.



**Отведение** – это **разность потенциалов**, регистрируемая между двумя точками тела.

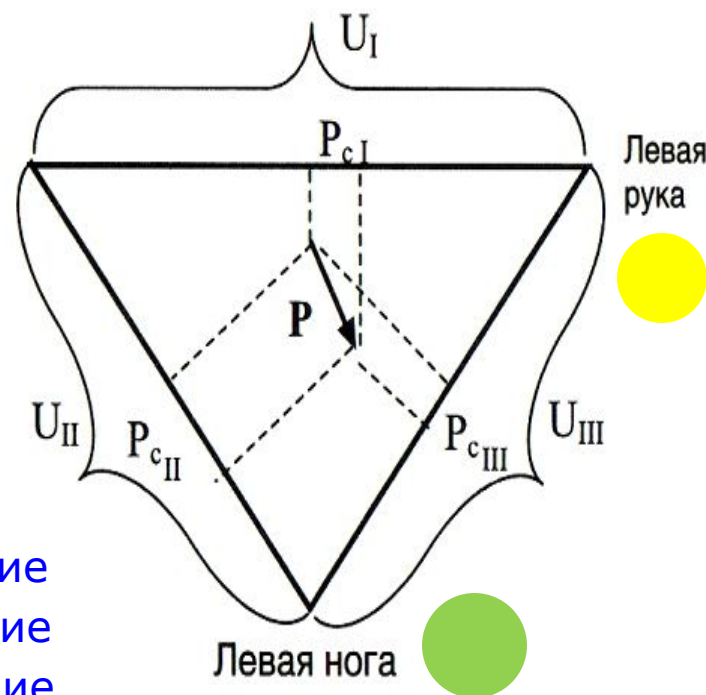
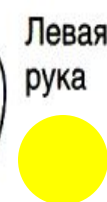
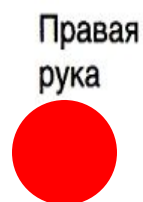
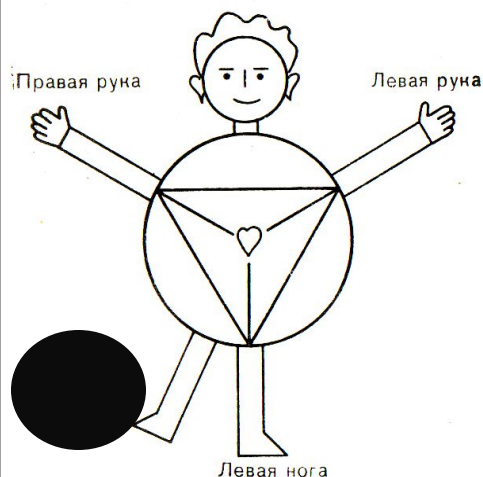
Сердце является **трехмерным** органом. А его изображение надо зарегистрировать на **плоской** ленте. Поэтому должны быть найдены такие отведения, которые позволяют получить проекцию

$\nabla P_c$  в двух плоскостях: во **фронтальной** (вверх-вниз) и **горизонтальной** (вперед-назад).



**Эйнтховен** предложил рассматривать **равносторонний треугольник**, в центре которого находится электрический вектор сердца и измерять **разность потенциалов** между двумя точками тела, расположенными во фронтальной плоскости.

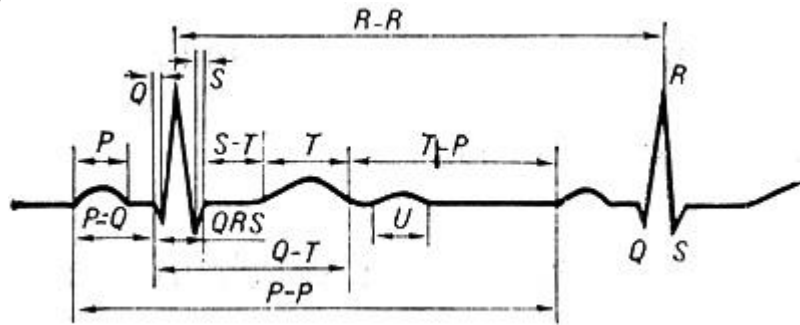
$$U_I : U_{II} : U_{III} = P_{cI} : P_{cII} : P_{cIII}$$



### Биполярные отведения

- I стандартное отведение
- II стандартное отведение
- III стандартное отведение





## 2 параметра ЭКГ:

1. **Амплитуда** зубцов ЭКГ- это проекция электрического вектора сердца  $\vec{P}_c$  на соответствующее отведение.
2. **Временные интервалы.** Они говорят о скорости проведения возбуждения.

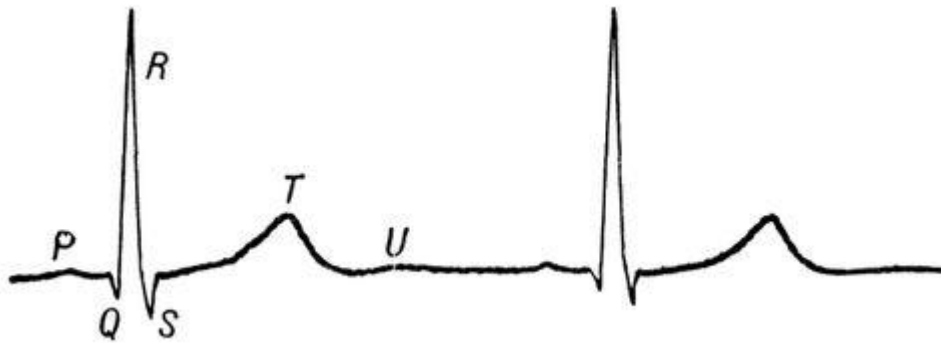
### НАПРИМЕР:

**Амплитуда R** зубца до **1,6 мВ**

**RR- интервал** – длительность сердечного цикла- порядка **0,8 с**

### ВОПРОС:

- В норме интервал PQ 0,12 – 0,2 с. У больного И-ва 0,3 с. О чем это говорит?



## Электрокардиограмма

– это сложная кривая с **5** зубцами **P, Q, R, S, T** и **3** интервалами нулевого потенциала.

**ВОПРОС:** Сколько раз за сердечный цикл  $\overset{\Delta}{P}$  обращается в 0?

1. Ни разу
2. 1 раз
3. 3 раза
4. 5 раз

Ответ: 3 раза



Сравнение последовательности активации сердца с падением ряда костей домино

Черные кости домино символизируют сердечный пейсмекер.

Белые кости домино символизируют структуры, лишенные автоматизма.

