

Лекция 6  
26.04.2017

Электропроводность биологических тканей  
на постоянном и переменном токах.

Импеданс тканей.

Физические основы реографии.

Влияние электромагнитного поля на ткани.

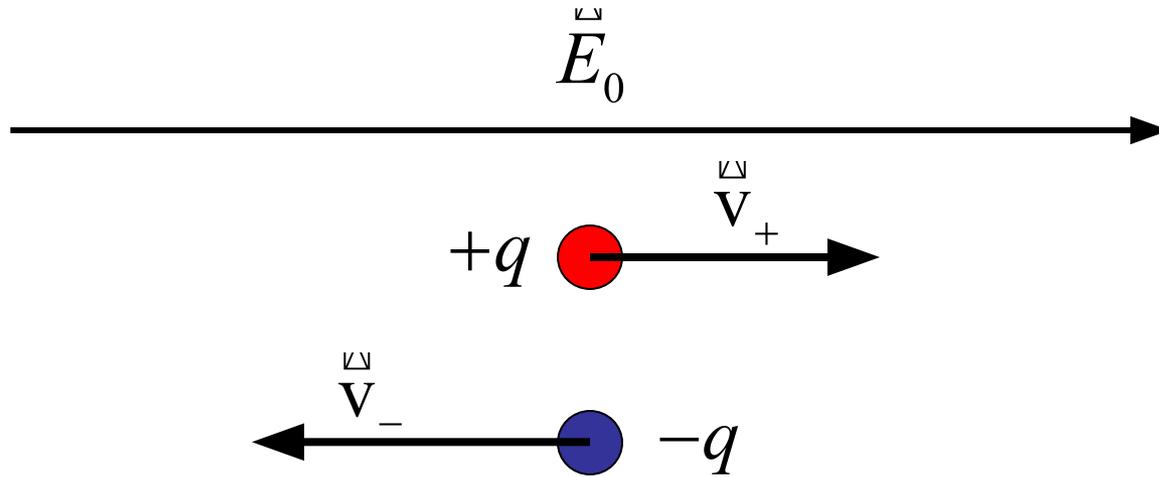
# Введение

## Электрические и магнитные свойства биологических тканей

# Электрические свойства

Проявляются во внешнем электрическом поле

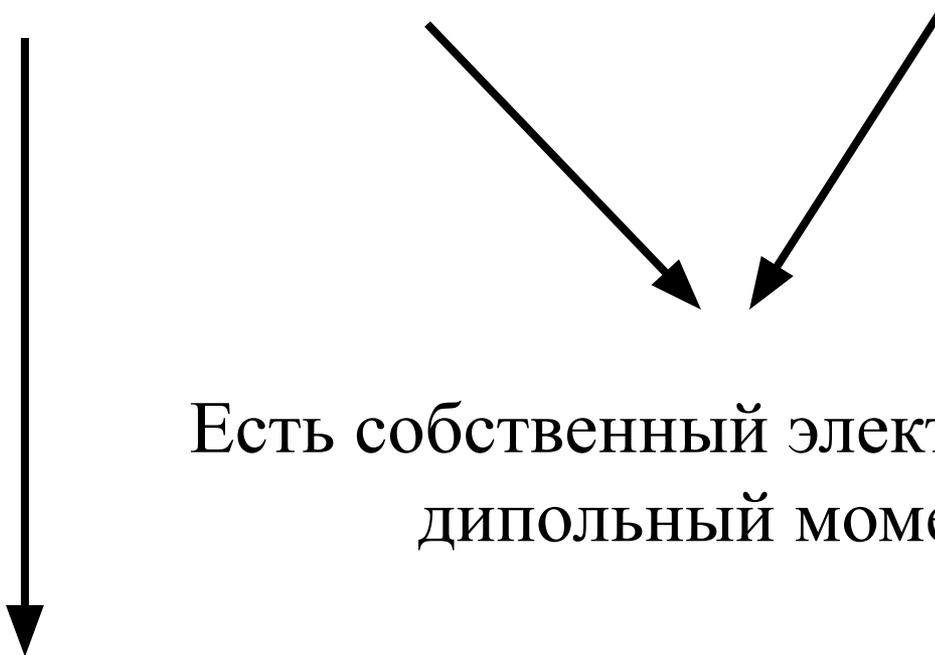
Проводники – есть свободные носители зарядов



Металлы – электроны; электролиты – ионы

# Диэлектрики

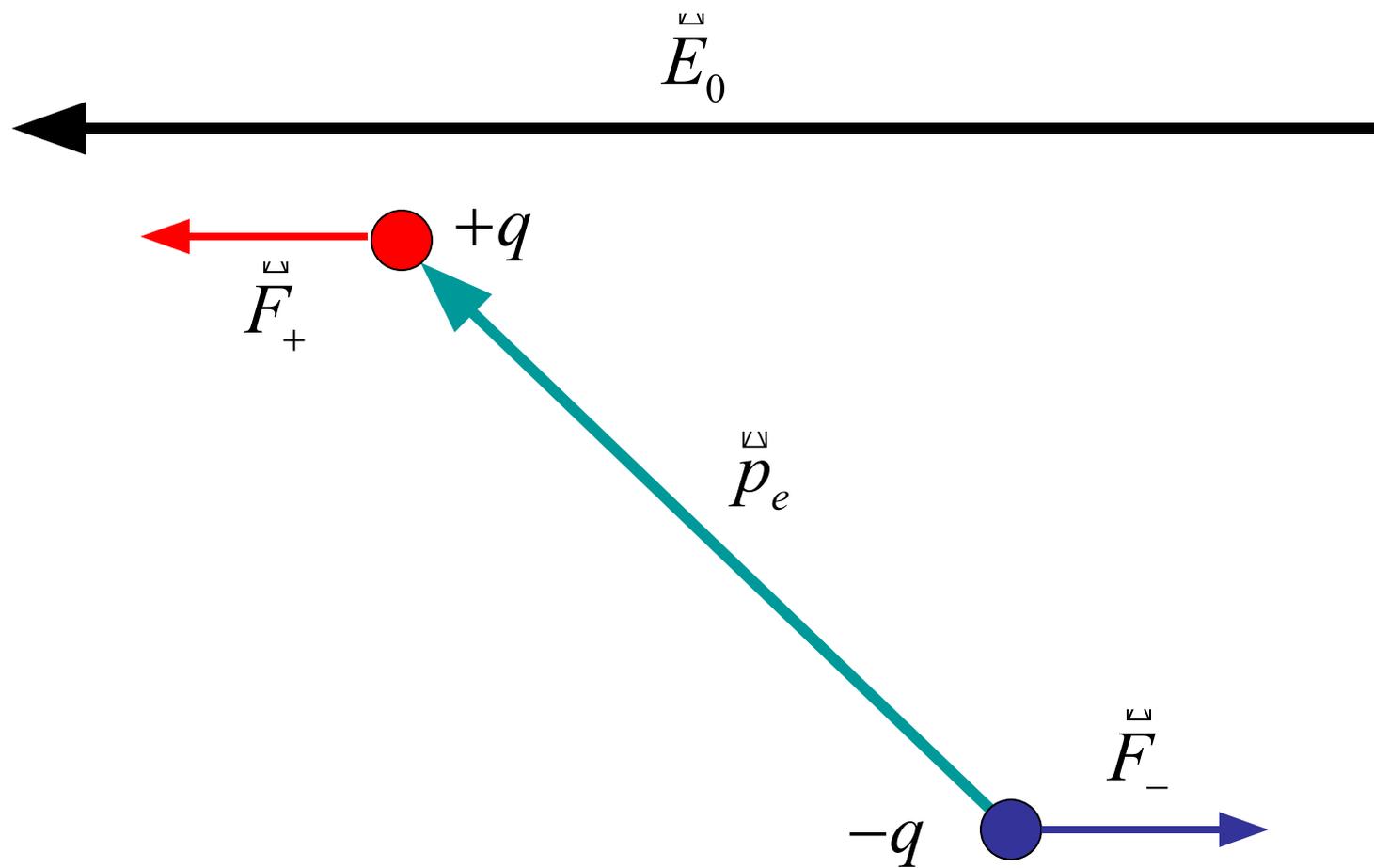
Неполярные, полярные и кристаллические



Есть собственный электрический  
дипольный момент

Электрический  
дипольный момент  
индуцируется

# Электрический диполь во внешнем электрическом поле

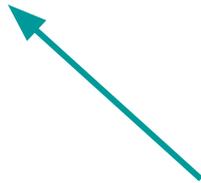


# Ориентация электродиполей во внешнем поле

$$\vec{E}_0$$



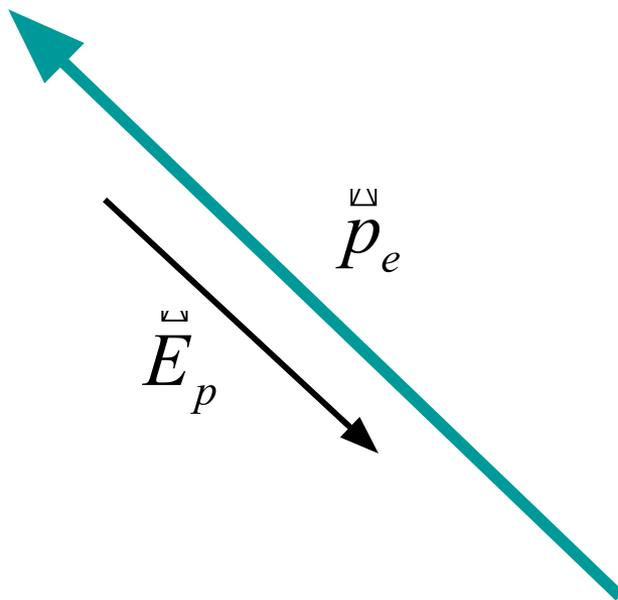
$$\vec{E}_0 = 0$$

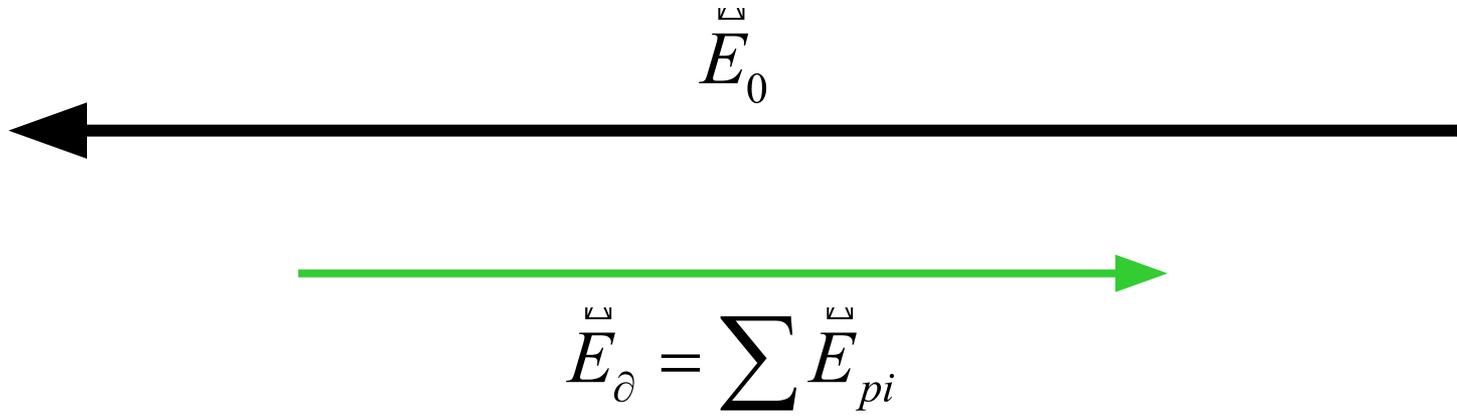


Ориентация диполей  $\rightarrow$  поляризация диэлектрика

Внешне проявляется, как уменьшение напряженности электрического поля внутри диэлектрика по сравнению с напряженностью внешнего поля

Объяснение: сам диполь — источник электрического поля





Напряженность результирующего поля:

$$\vec{E} = \vec{E}_0 + \vec{E}_\partial$$

$$E = E_0 - E_\partial \boxtimes E_0$$

Относительная диэлектрическая проницаемость среды:

$$\varepsilon = \frac{E_0}{E} \geq 1$$

# Типы поляризации

Неполярные, полярные и кристаллические



Электронная



Ориентационная



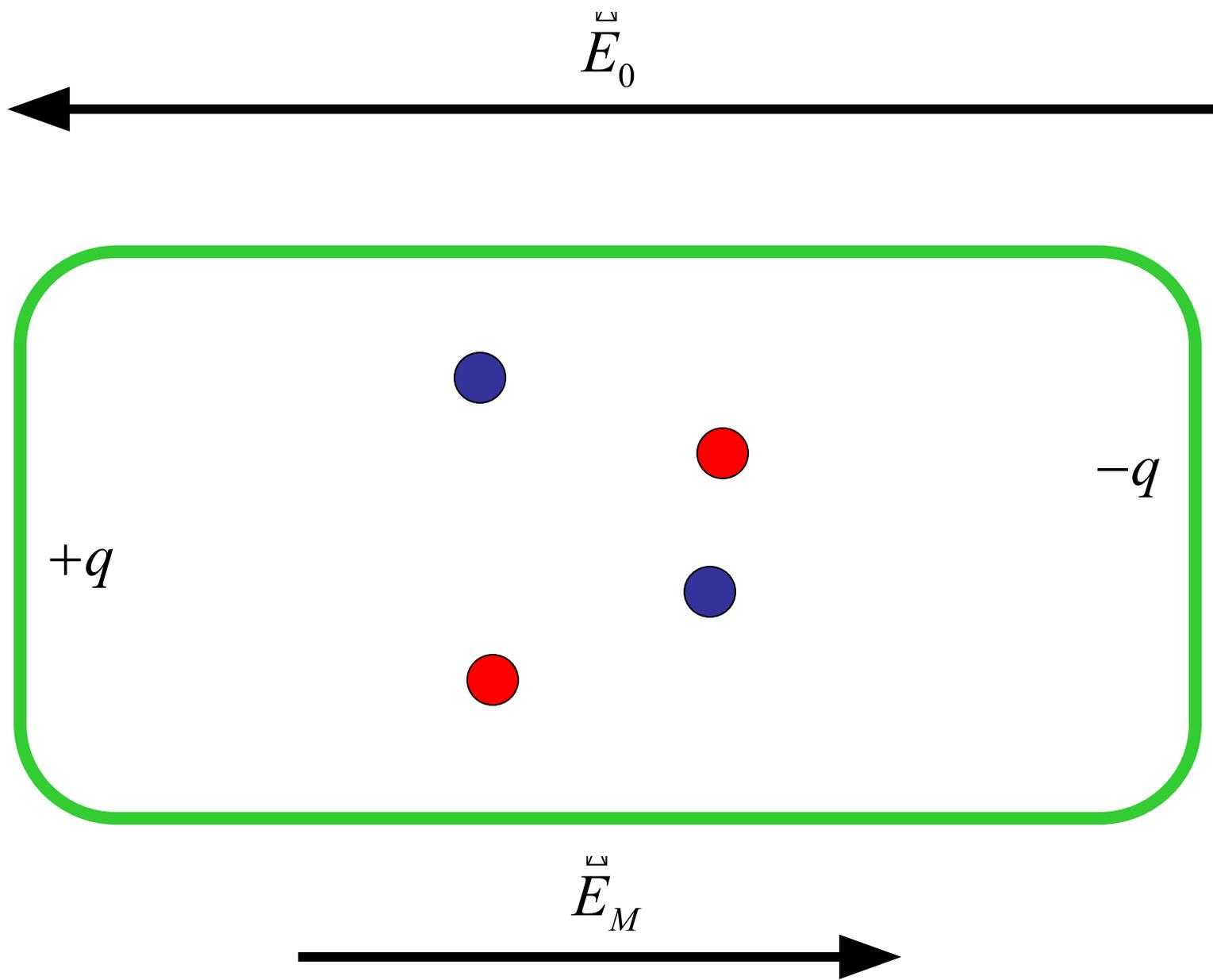
Ионная

Клеточное строение:

Электролит



Непроводящая мембрана



Клетка – макроскопический индуцируемый диполь

Электрические свойства тканей в *постоянном*  
электрическом поле определяются  
в основном макроструктурной поляризацией

Воздействие постоянным электрическим полем:

Аэроионотерапия – метод лечения (-) и (+) ионами газов (аэроионами).

Естественная и искусственная.

Терапевтически эффективный фактор:



Франклинизация – воздействие постоянным электрическим полем высокого напряжения (до 50 кВ)

# Изменяющееся во времени электрическое поле

Разделение на диапазоны в медицине:

НЧ: до 20 Гц;

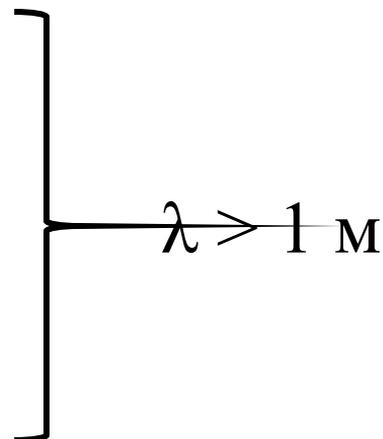
ЗЧ: 20 Гц – 20 кГц;

УЗЧ: 20 кГц – 200 кГц;

ВЧ: 200 кГц – 30 МГц;

УВЧ: 30 МГц – 300 МГц;

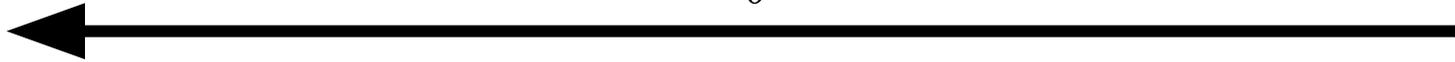
СВЧ: 300 МГц – 300 ГГц



Относительно  
безопасно

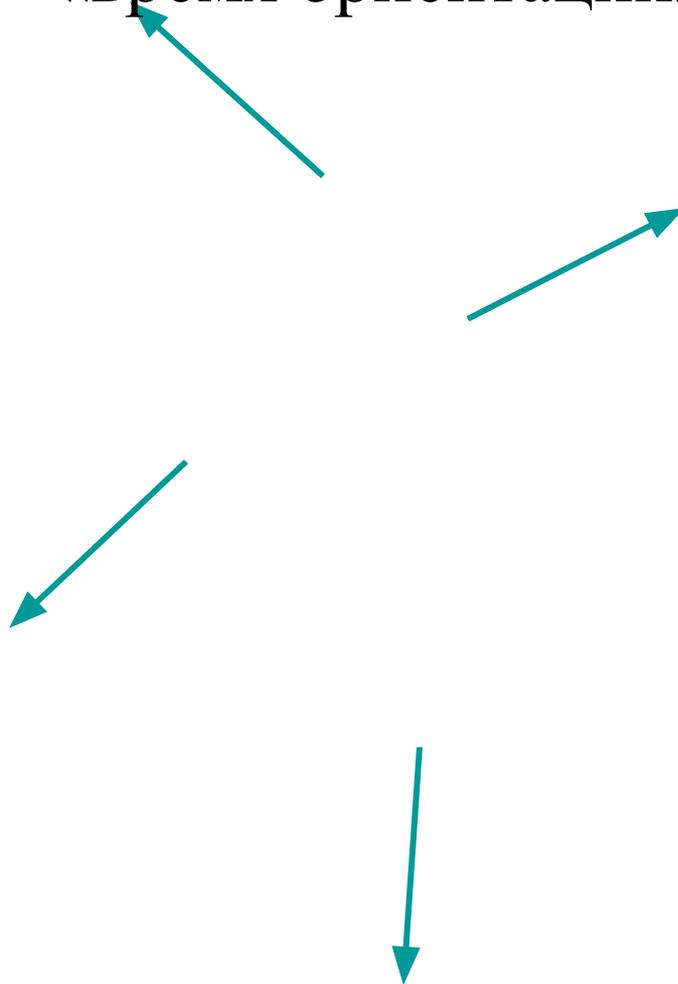
# Ориентация электродиполей во внешнем поле

$$\vec{E}_0$$



$\tau$  — «время ориентации»

$$\vec{E}_0 = 0$$



# Переменное электрическое поле

$$E = E_0 \sin t$$

---



Внешне эффект выглядит:

$i^*(t)$  – ток смещения

$$Q = f(i^{*2}(t))$$

$$i^*(\omega) = i^*(\omega)$$

$$\omega \approx \frac{1}{\tau}$$

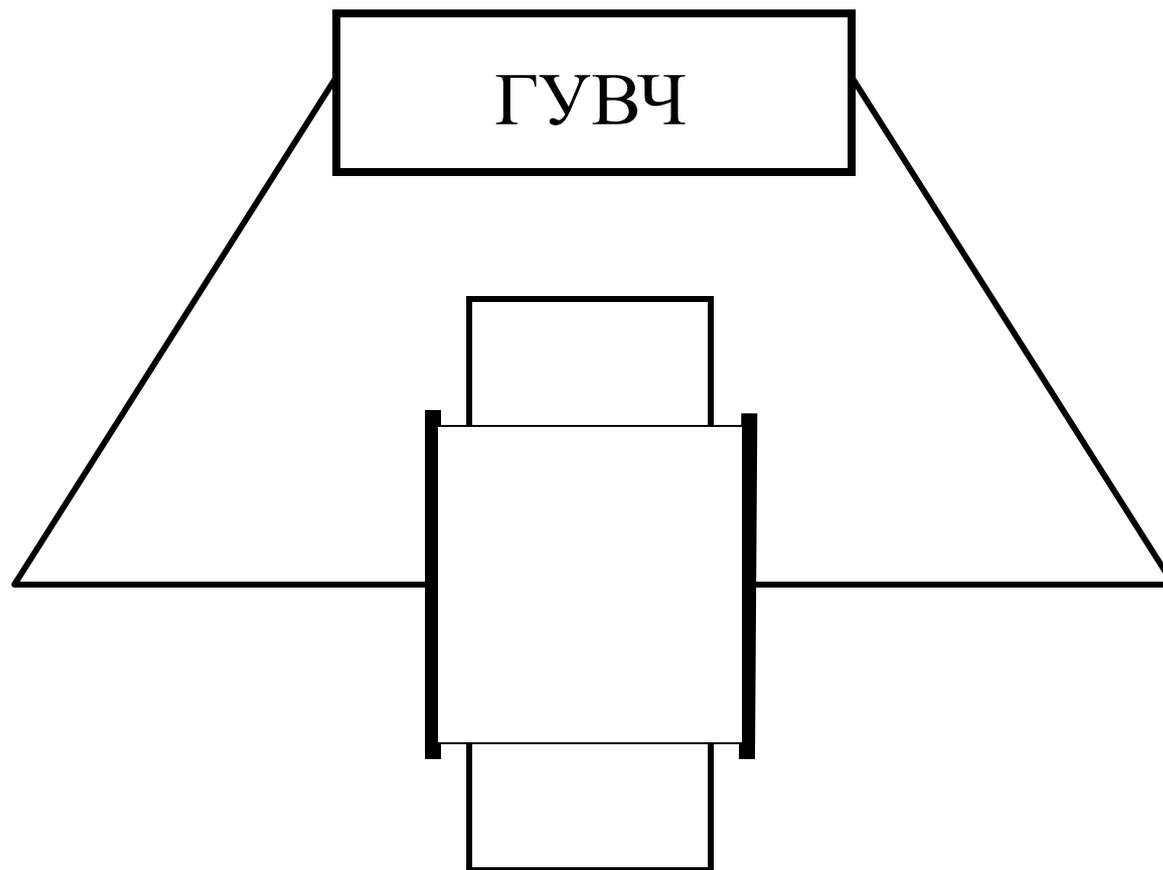
---



$$Q = Q_{\max}$$

УВЧ: 30 МГц – 300 МГц  
40,58 МГц

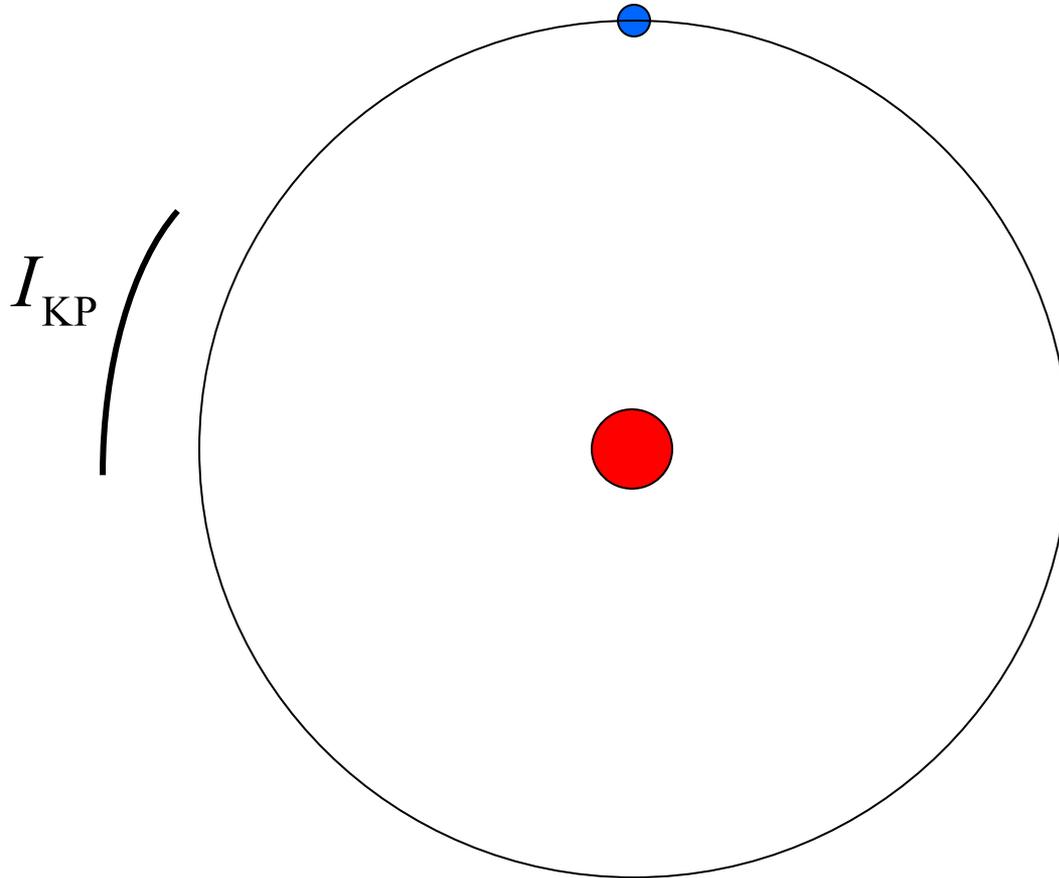
Вывод: воздействие УВЧ электрических колебаний приводит к нагреву *непроводящих* тканей



# Магнитные свойства

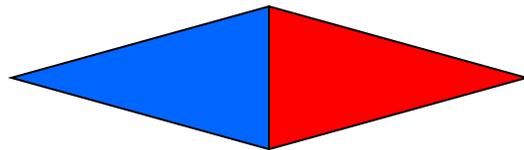
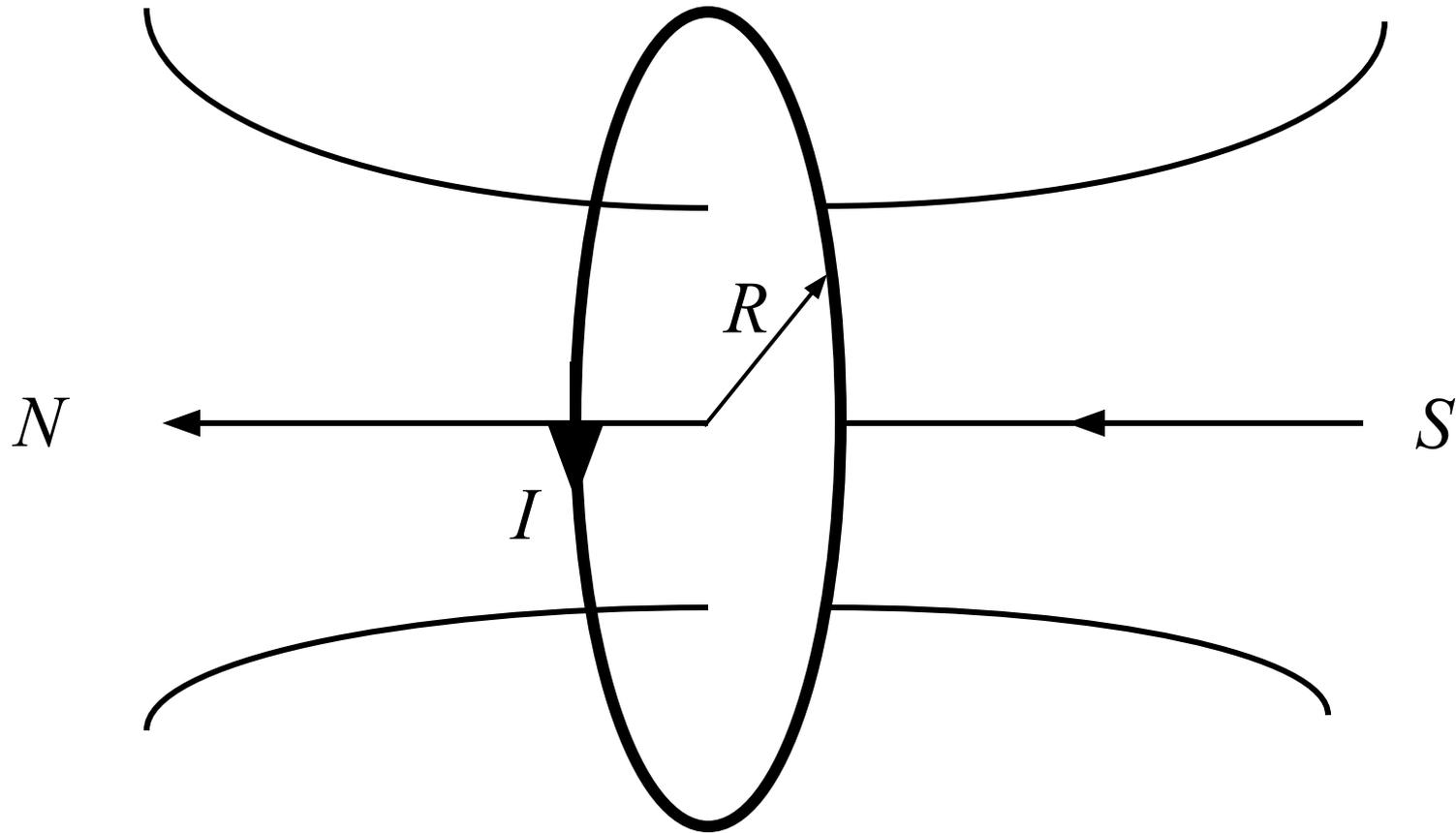
Проявляются во внешнем магнитном поле

# Простейшая модель атома

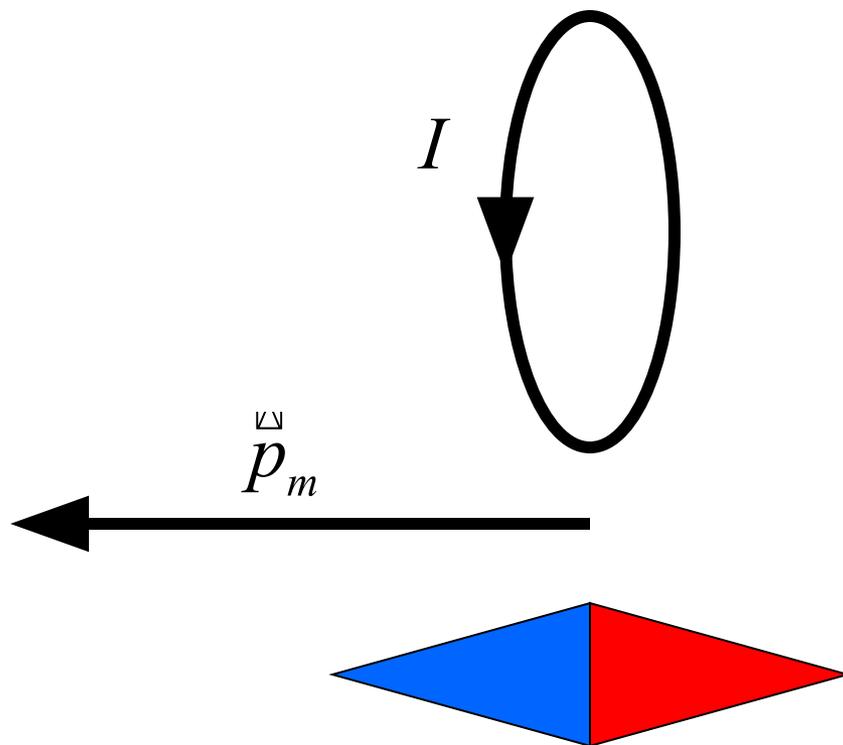


$$I_{\text{КР}}^H = 10^{-3}, A$$

# Круговой ток



1. Во внешнем магнитном поле и контур с током и постоянный магнит ориентируются по полю
2. Мерой магнитных свойств обоих объектов является их дипольный магнитный момент



3. Каждый магнитный диполь сам является  
«источником» магнитного поля

4. Результат наложения поля магнитных диполей  
на внешнее магнитное поле дает суммарное  
магнитное поле в веществе

Действие стационарного магнитного поля?

Статическая магнитотерапия

Группа методов альтернативной медицины,  
подразумевающих  
применение статического магнитного поля

Воздействие переменным магнитным полем  
(в сочетании с постоянным):

метод физиотерапии, при котором применяют высоко-  
и низкочастотное переменное магнитное поле.

Магнитные поля (постоянные и переменные)

могут генерироваться в непрерывном  
или прерывистом (импульсном) режиме с различной  
частотой, формой, и длительностью импульсов.

В процессе воздействия магнитного поля  
на ткани человека в них возникают электрические  
токи; вследствие переориентации биологических  
макромолекул, находящихся  
в ионизированном состоянии и свободных радикалов,  
а также изменения физико-химических  
свойств водных систем организма происходят  
сдвиги в скорости биохимических и биофизических процессов.

Магнитная переориентация жидких кристаллов,  
являющихся основой клеточных  
и цитоплазматических мембран, влияет на проницаемость  
этих мембран и специфические функции клетки.

Реальное знание на сегодняшний день:

Действие переменного магнитного поля:

$$B = B_0 \cos t$$

В проводящей среде:

$$i_i = f\left(\frac{1}{R} \frac{dB}{dt}\right) = f\left(\frac{1}{R} \omega B_0 \sin \omega t\right)$$

$$I_i = f\left(\frac{\omega B_0}{R}\right)$$

$$q = f\left(I_i^2 R\right) = f\left(\frac{\omega^2 B_0^2}{R}\right)$$

Вывод: воздействие УВЧ магнитных колебаний приводит к нагреву *проводящих* тканей

