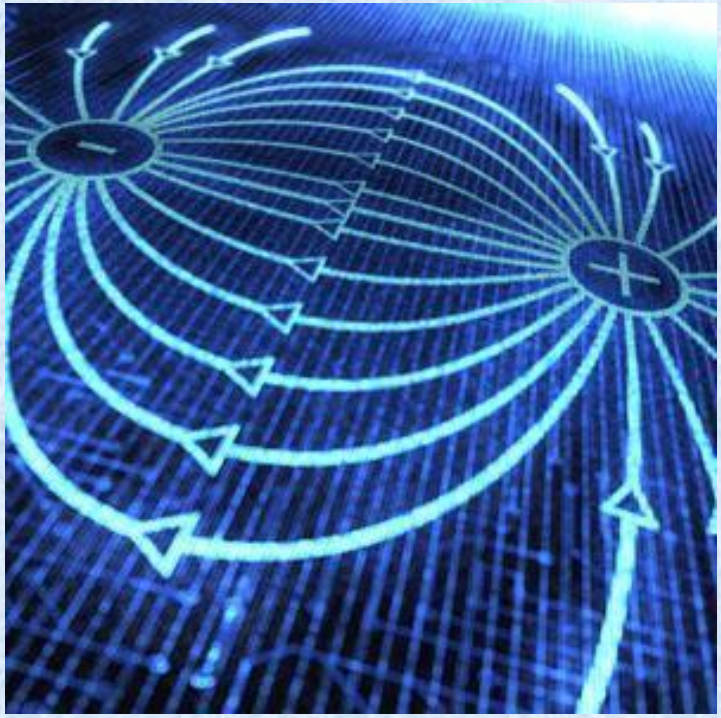
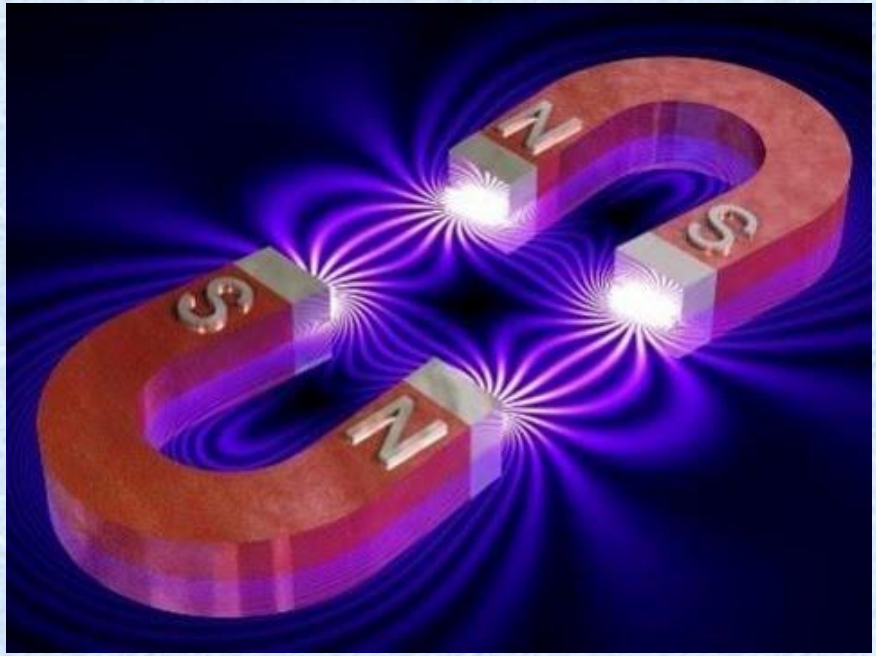
Электричество и магнетизм





Электричество и магнетизм

Электрические и магнитные явления связаны с особой формой существования материи — электрическими и магнитными полями и их взаимодействием. Эти поля в общем случае настолько взаимозависимы, что принято говорить о едином электромагнитном поле.

Медико-биологические приложения:

1. **Понимание электрических процессов, происходящих в организме**, а также электрических и магнитных характеристик биологических сред. - физические основы электрокардиографии, магнитобиологии и реографии, электропроводимость биологических тканей и жидкостей и др.

2. **Понимание механизма воздействия электромагнитных полей на организм**.

3. **Приборное, аппаратурное**.

Электрический заряд

Электрический заряд – это физическая величина, определяющая свойство частиц или тел вступать в электромагнитные силовые взаимодействия.

Виды зарядов

+ Положительные +
(напр. протоны)

- Отрицательные -
(напр. электроны)

В положительно заряженном теле недостаток электронов

В отрицательно заряженном теле избыток электронов

Электрический заряд

Элементарный заряд (заряд электрона): **e** = $1{,}67 \cdot 10^{-19}$ Кл

Заряд тела **q** образуется совокупностью элементарных зарядов, он является целым кратным заряду электрона ***e***:

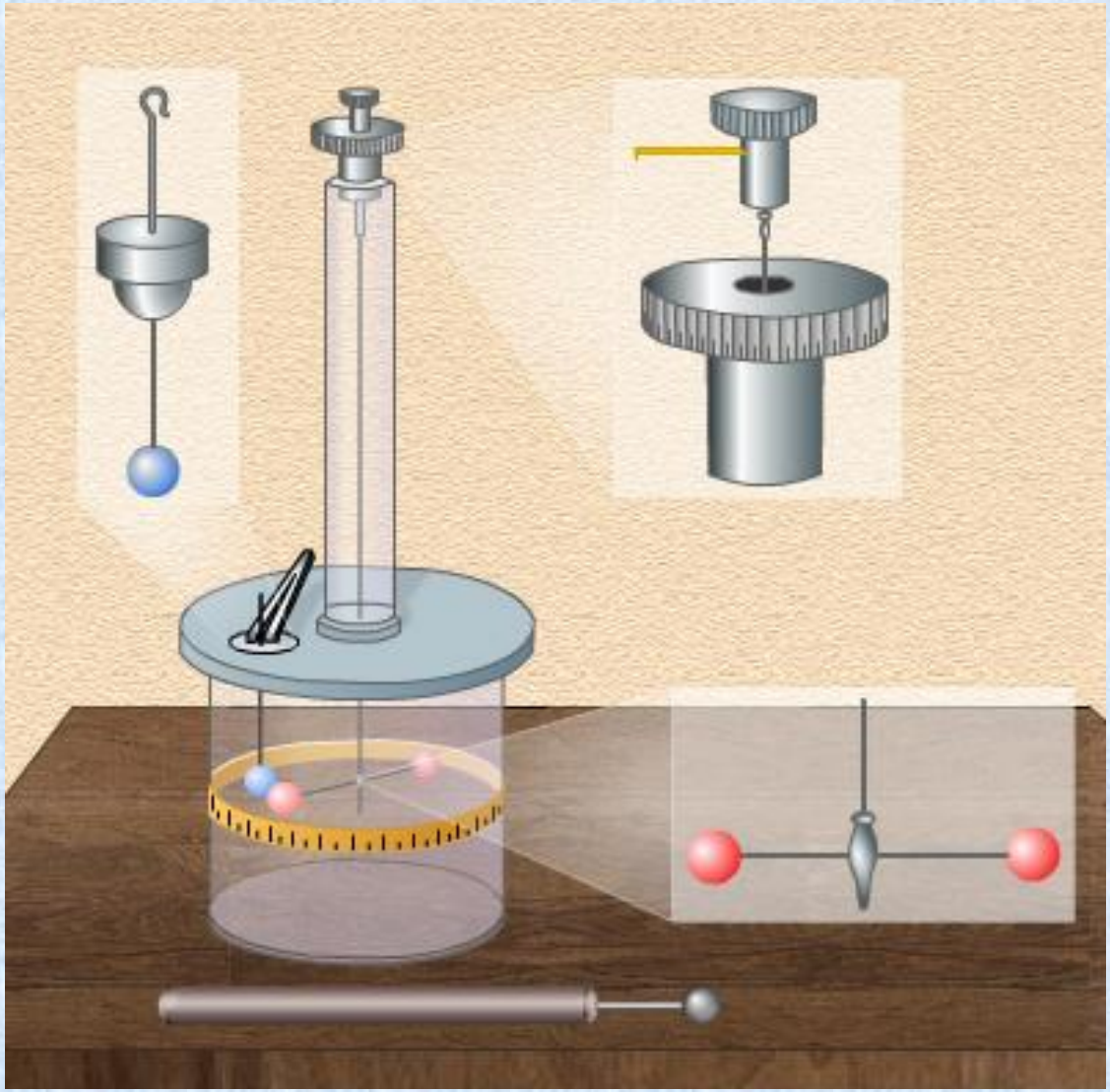
$$q = \pm Ne$$ *(N – целое число)*

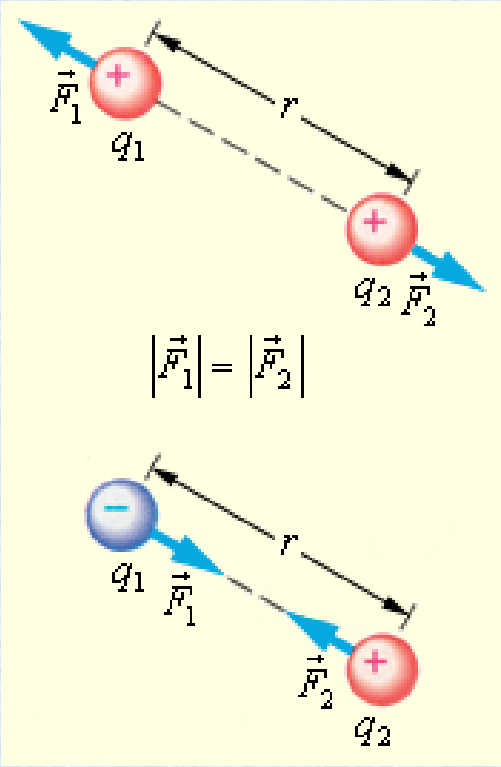
Закон сохранения заряда:

Суммарный заряд электрически изолированной системы остается постоянной

$$q_1 + q_2 + q_3 + \ldots + q_n = const$$

Взаимодействие зарядов. Опыт Кулона



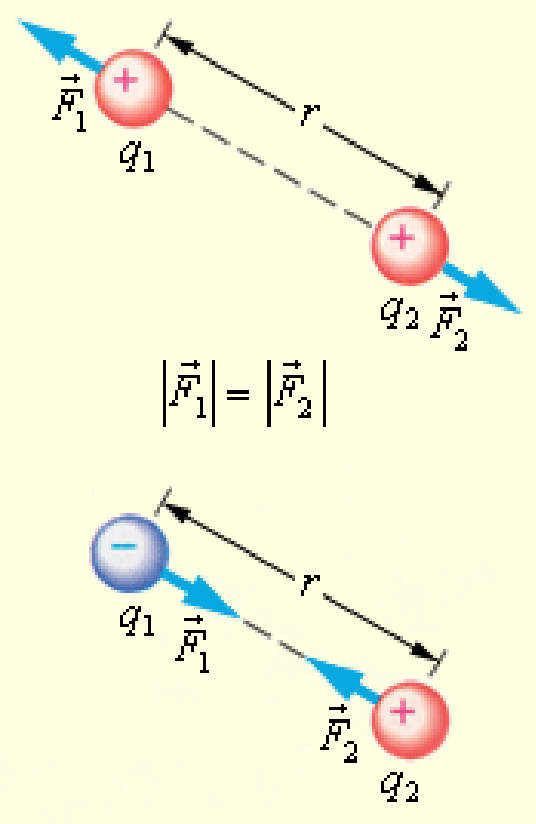


$$F = k\frac{q_1 q_2}{\varepsilon r^2}$$

Закон Кулона

Сила взаимодействия двух точечных зарядов пропорциональна величине каждого из зарядов и обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними.
Направление силы совпадает с проходящей через заряды прямой.

$$F = k\frac{q_1 q_2}{\varepsilon r^2}$$



F – сила взаимодействия зарядов;
k — коэффициент пропорциональности;
q_1 и **q_2** — величины взаимодействующих зарядов;
r — расстояние между ними.
ε – диэлектрическая проницаемость среды

$$F = k\frac{q_1 q_2}{\varepsilon r^2}$$

Закон Кулона. Коэффициент k

Коэффициент k зависит от выбора системы единиц измерения.

$$k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}$$

ε_0 - электрическая постоянная (диэлектрическая проницаемость вакуума). В системе единиц СИ:

$$\varepsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12}\,\frac{Ф}{м}$$

$$\frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = 9 \cdot 10^{9}\,\frac{м}{Ф}$$

Электрическое поле

Взаимодействие между зарядами осуществляется через **электрическое поле**.

Силовая характеристика электрического поля –

Напряженность $\vec{E}$.

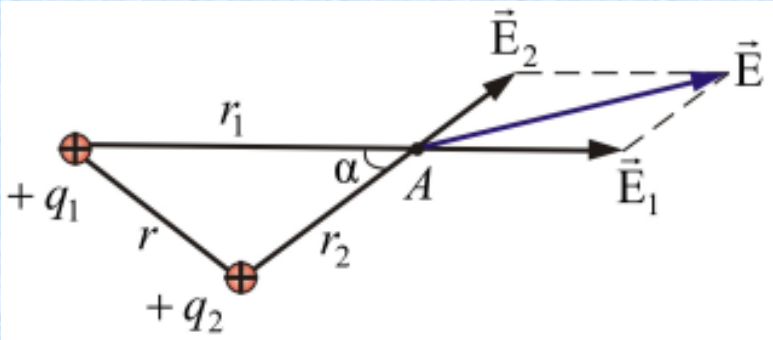
Напряженность электрического поля ($\vec{E}$) в некоторой точке пространства равна силе, действующей на единичный точечный заряд, помещенный в эту точку:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}, \text{ [В/м]} \Rightarrow \vec{F} = \vec{E} \cdot q$$

Принцип суперпозиции электрических полей

Напряженность поля системы зарядов равна векторной сумме напряженностей полей, которые создавал бы каждый из зарядов системы в отдельности.

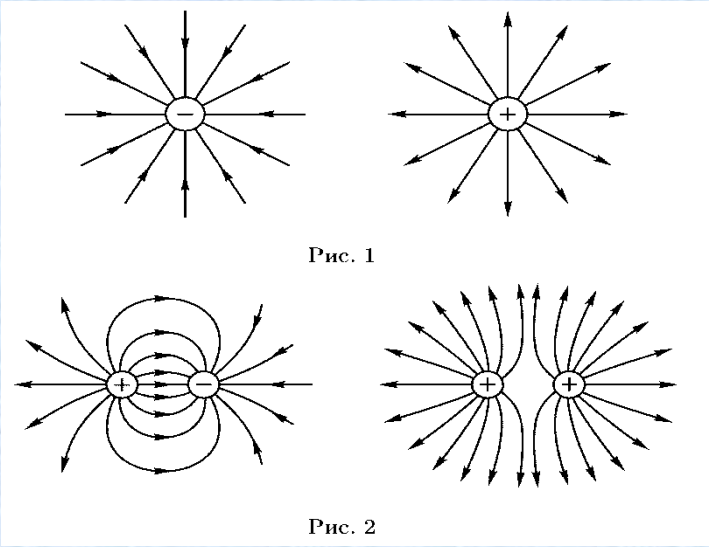
$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \ldots + \vec{E}_n = \sum \vec{E}_i$$



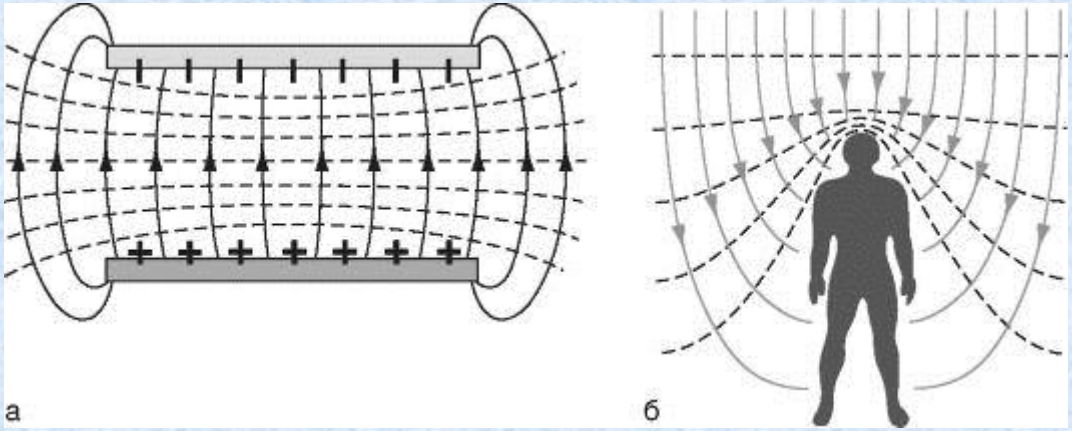
Силовые линии

Силовая линия есть математическая линия, направление касательной к которой в каждой точке, через которую она проходит, совпадает с направлением вектора $\vec{E}$ в той же точке.

Примеры:



Электрические поля точечных зарядов



Электрическое поле двух пластин (а); электрическое поле Земли вблизи стоящего человека (б).

Потенциал

Энергетическая характеристика электрического поля – **Потенциал φ**.

Потенциал φ – физическая величина, равная отношению потенциальной энергии $\mathbf{W_p}$ электрического заряда в электрическом поле к заряду **q:**

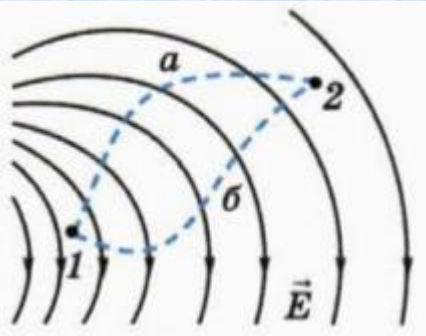
$$\varphi = \frac{W_p}{q}, \text{ [В]}$$

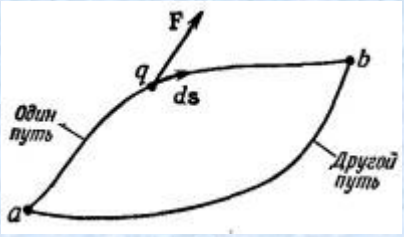
Потенциал φ *численно равен* ***работе A****, которую совершают силы поля над единичным положительным зарядом при удалении его из данной точки на бесконечность.*

Разность потенциалов

Разность потенциалов Δφ численно равна **работе А**, которую совершают силы поля над единичным положительным зарядом при перемещении его **из одной точки в другую:**

$$\Delta\varphi = \varphi_1 - \varphi_2 = \frac{A}{q}, \text{ [В]}$$



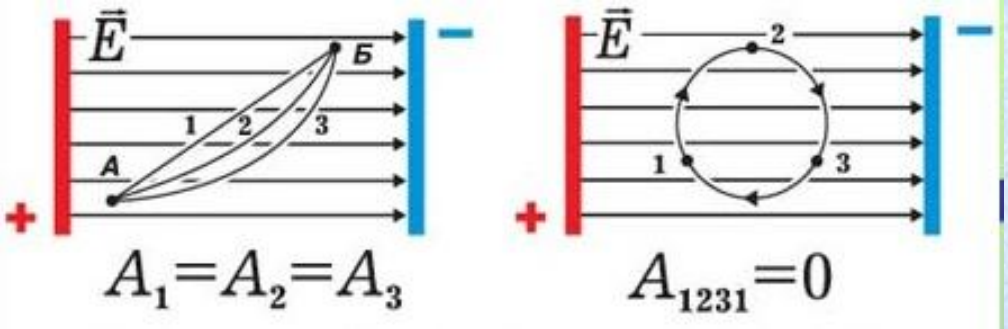


где φ_1 и φ_2 - потенциалы начальной (1) и конечной (2) точек соответственно; **Δφ — разность потенциалов**.

В **однородном** поле:

$$\Delta\varphi = E \cdot d$$

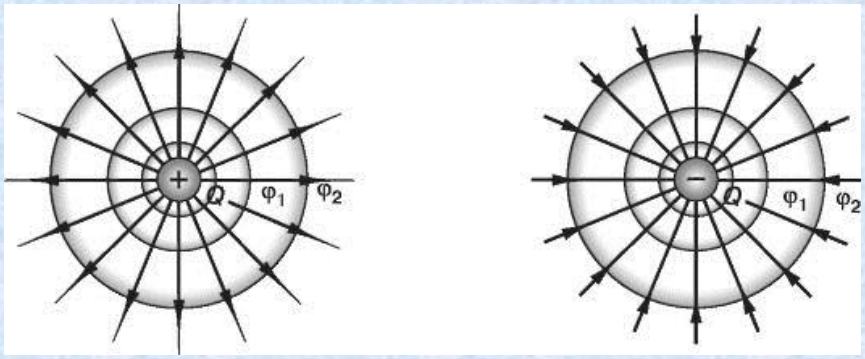
d — расстояние между точками с потенциалами φ_1 и φ_2.



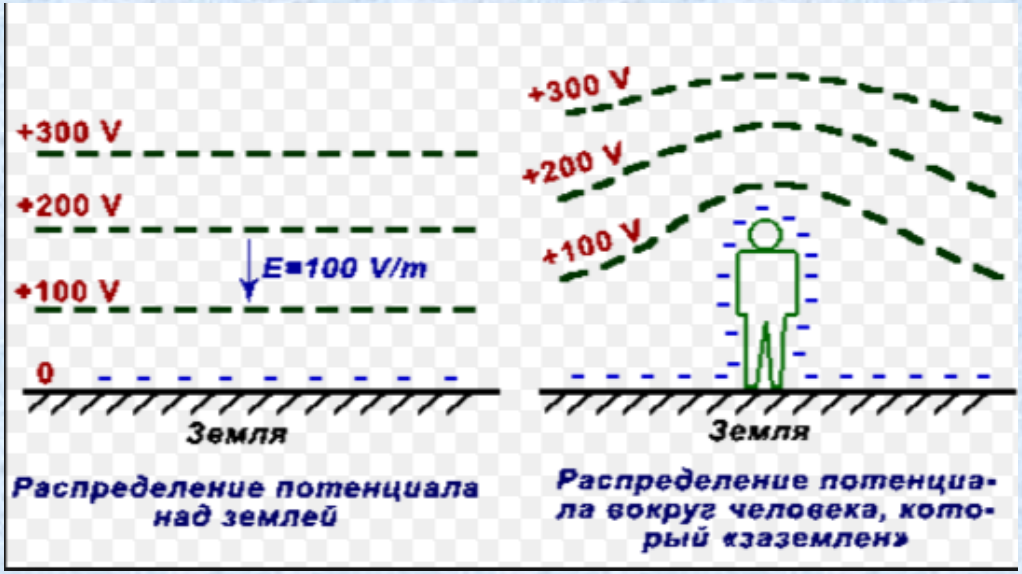
Работа сил электрического поля не зависит от пути!

Эквипотенциальная поверхность

Эквипотенциальная поверхность - поверхность, все точки которой имеют одинаковый потенциал. Силовые линии перпендикулярны эквипотенциальным поверхностям.



Эквипотенциальные поверхности и силовые линии



Мембранные потенциалы клетки

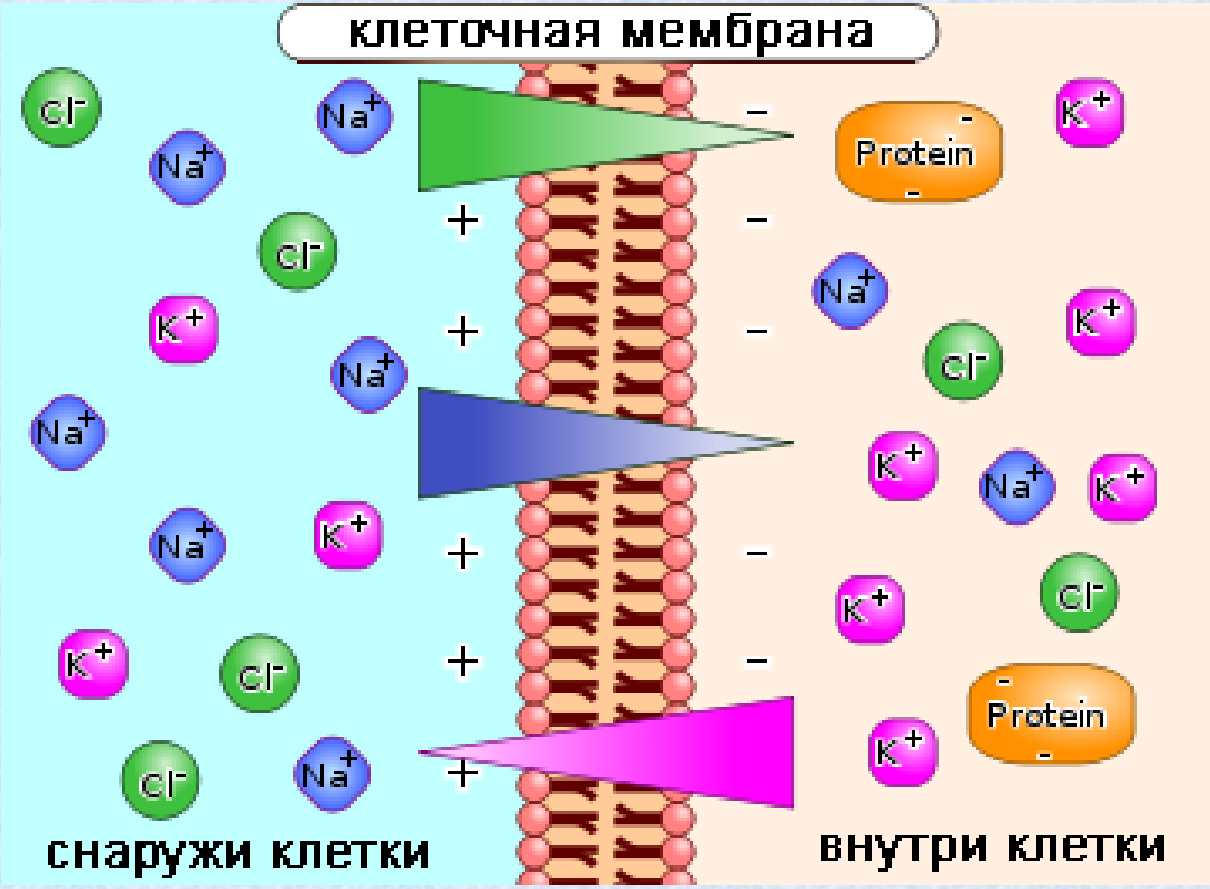
На мембране, разделяющей цитоплазму и межклеточную жидкость, существует разность электрических потенциалов, которую называют **мембранным потенциалом**.

Мембранный потенциал покоящейся живой клетки называется **потенциалом покоя клетки**.
Потенциал внутри клетки относительно межклеточной жидкости составляет в покое от -60 мВ до -100 мВ, в зависимости от вида клетки.

В процессе деятельности клетки мембранный потенциал может изменяться, эти изменения в нервных и рецепторных клетках связаны с переработкой и передачей информации, а в мышечных волокнах – с их сокращением.

Мембранные потенциалы клетки

Наиболее важными ионами, определяющими мембранные потенциалы клеток, являются ионы **K^+, Na^+, Cl^-**.
Концентрации этих ионов в цитоплазме (внутри клетки) и межклеточной жидкости различаются в десятки раз.



Равновесные потенциалы Нернста

Найдем равновесный мембранный потенциал, возникающий вследствие диффузии ионов одного типа через мембрану, учитывая, что равновесное состояние достигается при равенстве электрохимических потенциалов по обе стороны мембраны $\mu_i = \mu_e$:

Электрохимический потенциал **внутри клетки**:

$$\mu_i = \mu_{0i} + RT\ln C_i + ZF\varphi_i,$$

Электрохимический потенциал **вне клетки**:

$$\mu_e = \mu_{0e} + RT\ln C_e + ZF\varphi_e$$

где μ_{0i}, μ_{0e} – стандартный химический потенциал, зависящий от растворителя внутри и вне клетки;

R – универсальная газовая постоянная; **T** – температура;

C_i, C_e – концентрация ионов внутри и вне клетки;

Z – валентность иона; **F** – постоянная Фарадея;

φ_i, φ_e – электрический потенциал внутри и вне клетки.

Равновесные потенциалы Нернста

Так как с обеих сторон мембраны ионы находятся в одном растворителе — воде, то $\mu_{0i}=\mu_{0e}$ и условие термодинамического равновесия принимает вид:

$$RT\ln C_i + ZF\varphi_i = RT\ln C_e + ZF\varphi_e$$

или

$$ZF(\varphi_i - \varphi_e) = RT(\ln C_i - \ln C_e)$$

Отсюда получаем **уравнение Нернста для равновесного мембранного потенциала:**

$$\boxed{\varphi_i - \varphi_e = \frac{RT}{ZF}\ln\frac{C_i}{C_e}}$$

R – универсальная газовая постоянная; **T** – температура;
$\mathbf{C_i}$, $\mathbf{C_e}$ – концентрация ионов внутри и вне клетки;
Z – валентность иона; **F** – постоянная Фарадея;

Равновесные потенциалы Нернста и потенциалы покоя в различных тканях

Клетка	Ионы	Межклеточная жидкость, мМ/л	Цитоплазма, мМ/л	Потенциал Нернста, *mV*	Потенциал покоя, φ_0, *mV*
Мышцы млекопитающих	Na^+	142	12	+64	–90
	K^+	4	140	–92	
	Cl^-	120	4	–89	
Мышцы лягушки	Na^+	120	9,2	+67	–90
	K^+	2,5	140	–105	
	Cl^-	120	3,5	–92	
Аксон кальмара	Na^+	460	50	+58	–70
	K^+	10	400	–96	
	Cl^-	540	40	–68	

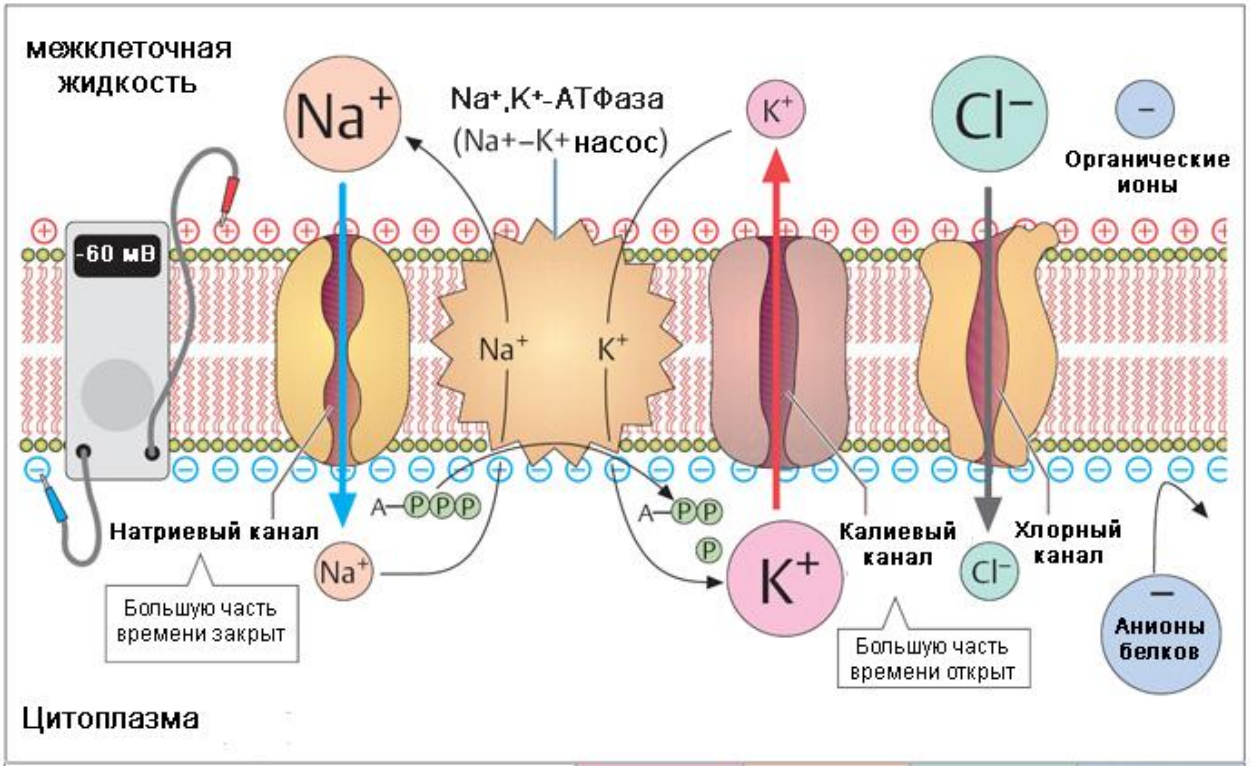
Напряженность электрического поля в клеточной мембране:

$$E = \frac{\varphi_0}{d} \approx \frac{80\ \text{мВ}}{8\ \text{нм}} = \frac{8 \cdot 10^{-2}\ \text{В}}{8 \cdot 10^{-9}\ \text{м}} = 10^7\ \frac{\text{В}}{\text{м}} = 10^5\ \frac{\text{В}}{\text{см}}$$

Потенциал покоя

$$\varphi_м = -\frac{RT}{F}\ln\frac{P_K C_i(K^+) + P_{Na} C_i(Na^+) + P_{Cl} C_e(Cl^-)}{P_K C_e(K^+) + P_{Na} C_e(Na^+) + P_{Cl} C_i(Cl^-)}$$

где $P_к$, P_{Na}, P_{Cl} — проницаемость мембраны для соответствующих ионов (1; 0,04; 0,45).



Ион		K^+	Na^+	Cl^-	органические анионы
Концентрация (ммоль/л)	В клетке	139	12	4	138
	Вне клетки	4	145	116	134

Потенциал действия

Все клетки возбудимых тканей (нервная и мышечная) при действии раздражителей достаточной силы способны переходить в состояние возбуждения.

Действие раздражителя в конечном итоге приводит к изменению мембранного потенциала клетки на некоторую величину *U*, зависящую от силы раздражителя, в результате чего потенциал на мембране изменяется и становится равным:

$$\varphi_M = \varphi_0 + U$$

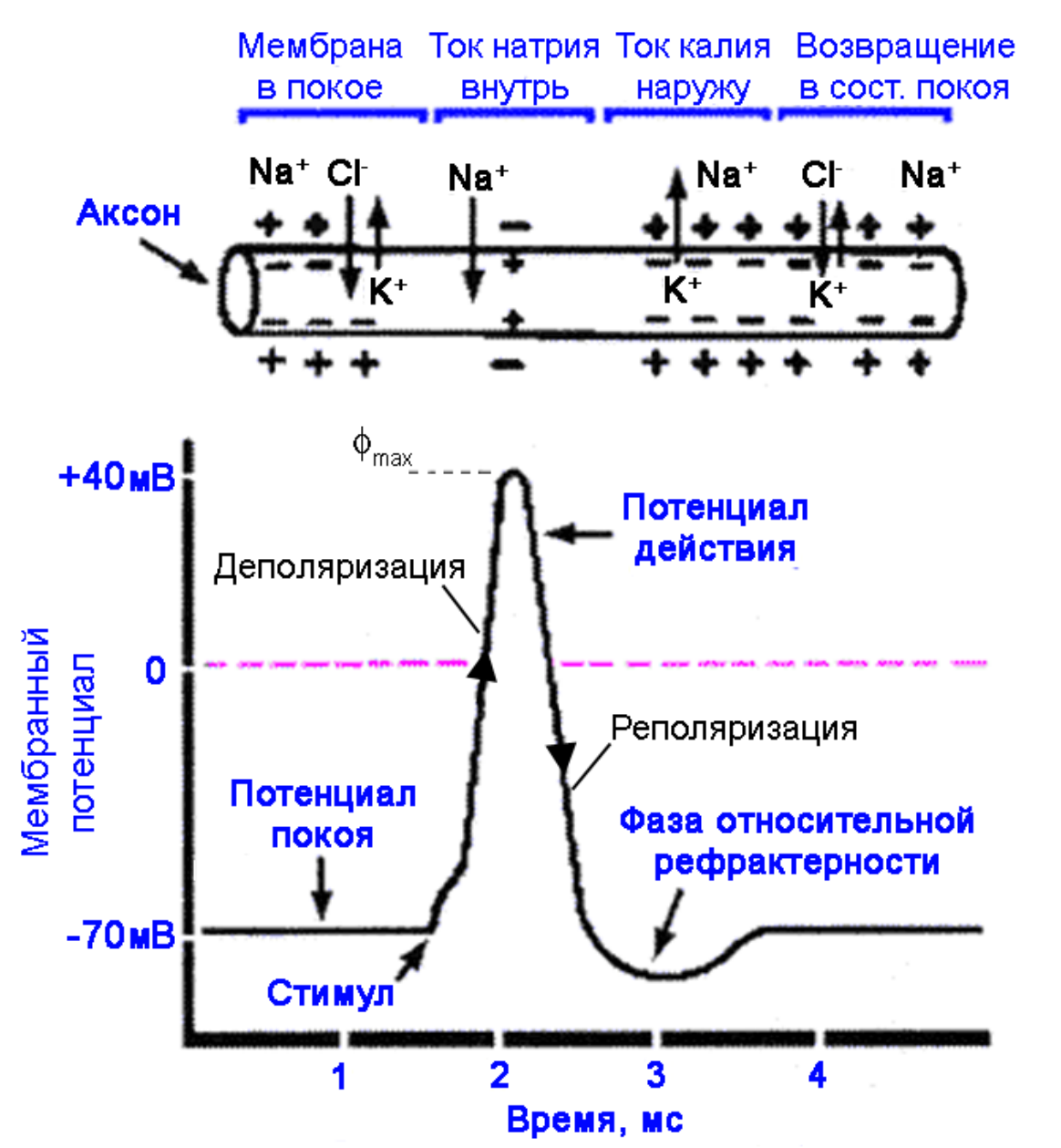
где φ_0 – потенциал покоя клетки.

Если **U > 0 – Деполяризация;** Если **U < 0 - Гиперполяризация**

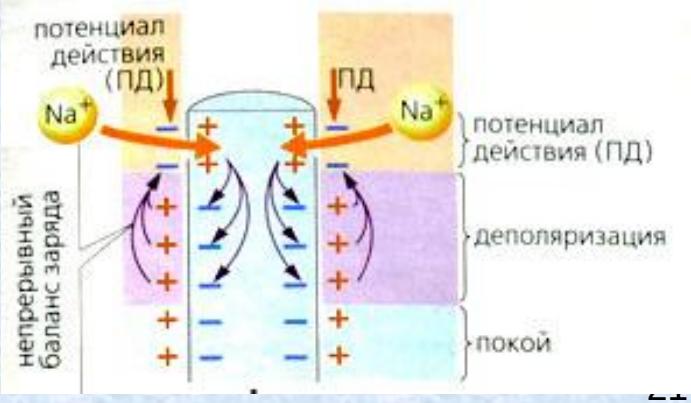
Изменение во времени мембранного потенциала клетки, происходящее при ее возбуждении, называется *потенциалом действия*.

Возбуждение клетки происходит только при деполяризации при $\varphi_M > E_{кр}$ (критический потенциал)

Потенциал действия



1) При $\varphi_м > E_{кр}$ открываются натриевые каналы (ток Na^+ внутрь клетки), $\varphi_м$ растет - ***деполяризация***;
2) При $\varphi_м = \varphi_{max}$ натриевые каналы закрываются, а проводимость калиевых каналов увеличивается (ток K^+ наружу) $\varphi_м$ уменьшается - ***реполяризация***;



Электрография

Живые ткани являются источником электрических потенциалов (биопотенциалов).
Регистрация биопотенциалов тканей и органов с диагностической (исследовательской) целью получила название **электрографии**.

Виды электрографии:

- **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.

Характеристика биопотенциалов

Биопотенциалы	Интервал частот, Гц	Амплитуда, мкВ	
		максимальная	минимальная
ЭКГ	0,2–120	1500–2000	100–300
ЭМГ	3–600	1000–1500	30–40
ЭЭГ	1–300	200–300	5–10

Электрокардиография

При синхронном возбуждении множества волокон сердечной мышцы в среде, окружающей сердце, течет ток, который даже на поверхности тела создает разности потенциалов порядка нескольких мВ. Эта разность потенциалов регистрируется при записи ***электрокардиограммы***.

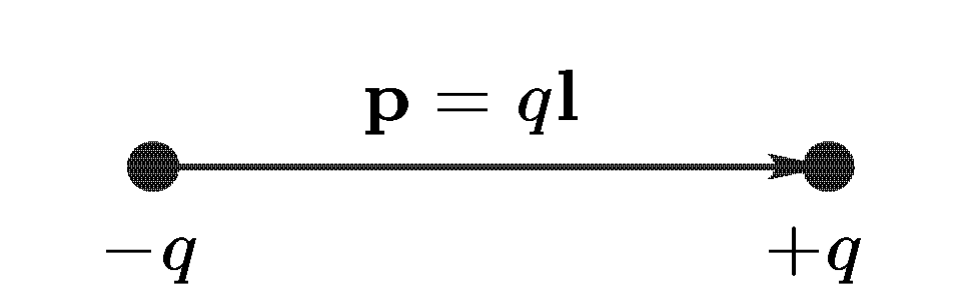
Теория Эйнтховена:

Сердце есть диполь с дипольным моментом $\boldsymbol{p_C}$, который поворачивается, изменяет свое положение и точку приложения (изменением точки приложения этого вектора часто пренебрегают) за время сердечного цикла

В 1924 г. удостоен Нобелевской премии по физиологии и медицине за изобретение электрокардиографа и расшифровку электрокардиограмм.

Электрический диполь

Электрическим диполем (диполем) называют систему, состоящую из двух равных, но противоположных по знаку точечных электрических зарядов (**+q** и **-q**), расположенных на некотором расстоянии ***l*** друг от друга (плечо диполя).

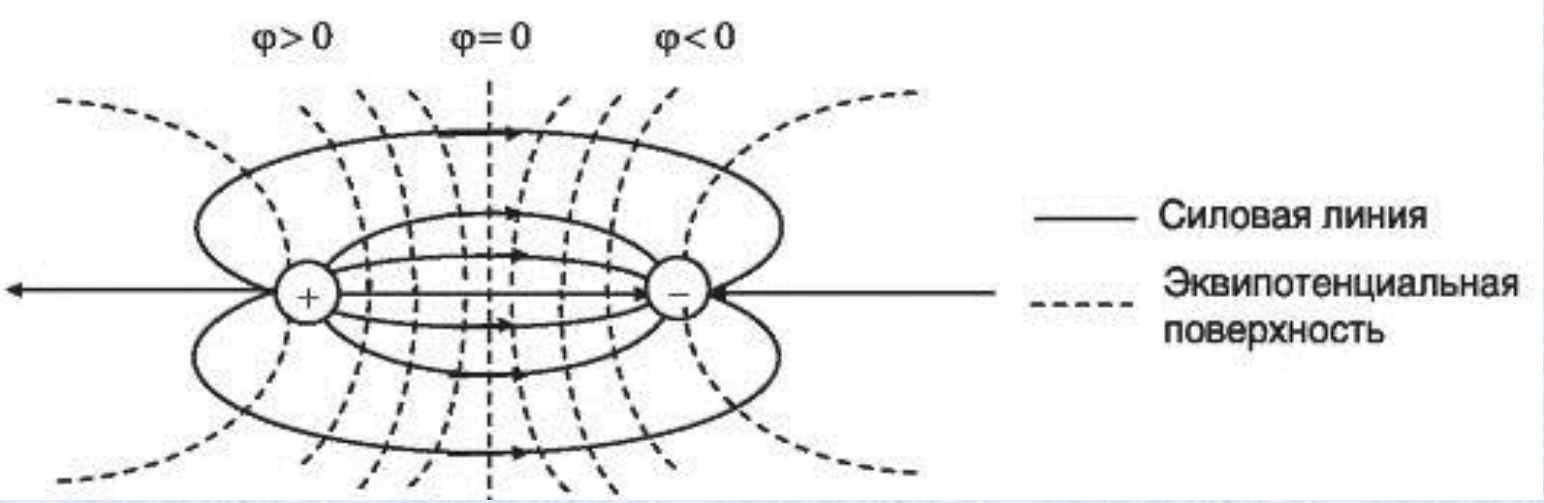


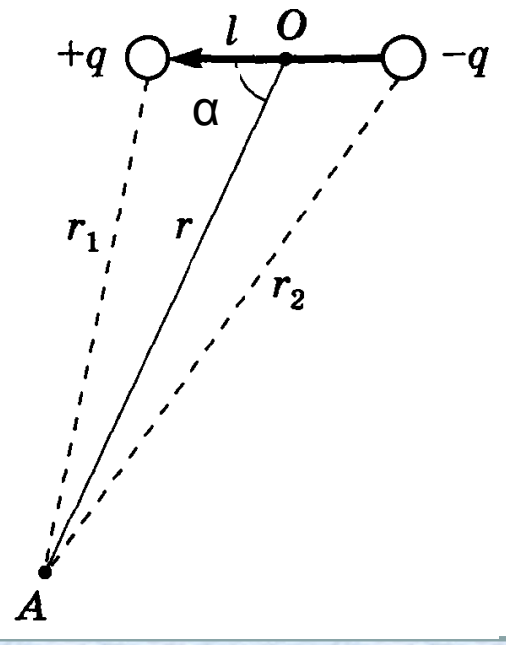
Электрический дипольный момент:

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

Единицей электрического момента диполя является кулон-метр [Кл•м].

Электрическое поле диполя





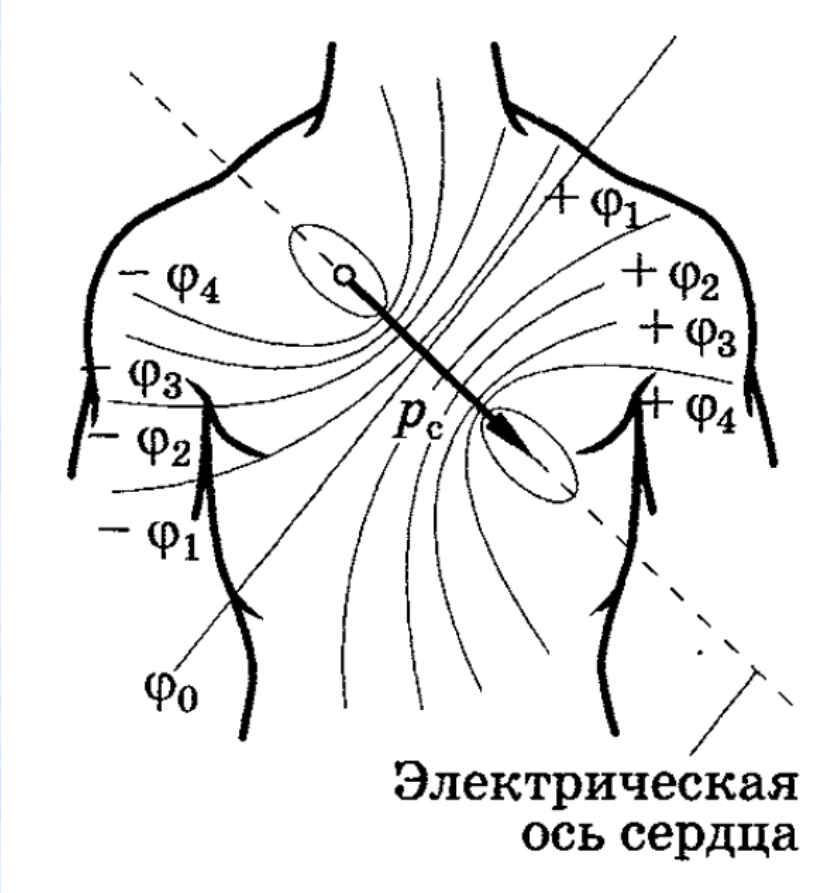
Потенциал диполя **φ**:

$$\varphi = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon} \cdot \frac{P\cos\alpha}{r^2}$$

Теория Эйнтховена

Сердце есть диполь с дипольным моментом $\boldsymbol{p_C}$, который за время сердечного цикла

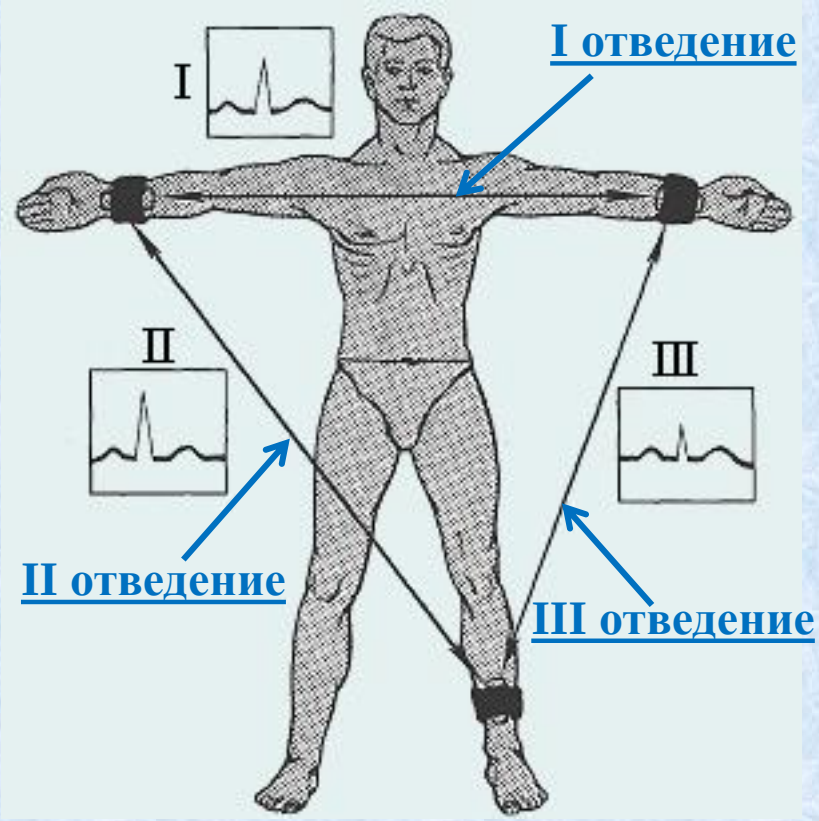
1. поворачивается,
2. изменяет свое положение,
3. изменяет точку приложения (этим часто пренебрегают).

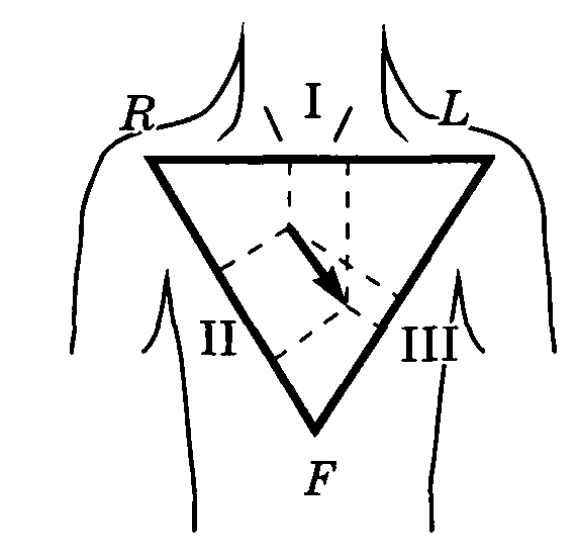


Теория отведений Эйнтховена

Разность биопотенциалов *U*, регистрируемая между двумя точками тела, называют *отведением*.

В. Эйнтховен предложил снимать разности биопотенциалов ***U*** сердца между вершинами равностороннего треугольника, которые приближенно расположены в правой руке (ПР), левой руке (ЛР) и левой ноге (ЛН).





Закон Эйнтховена:

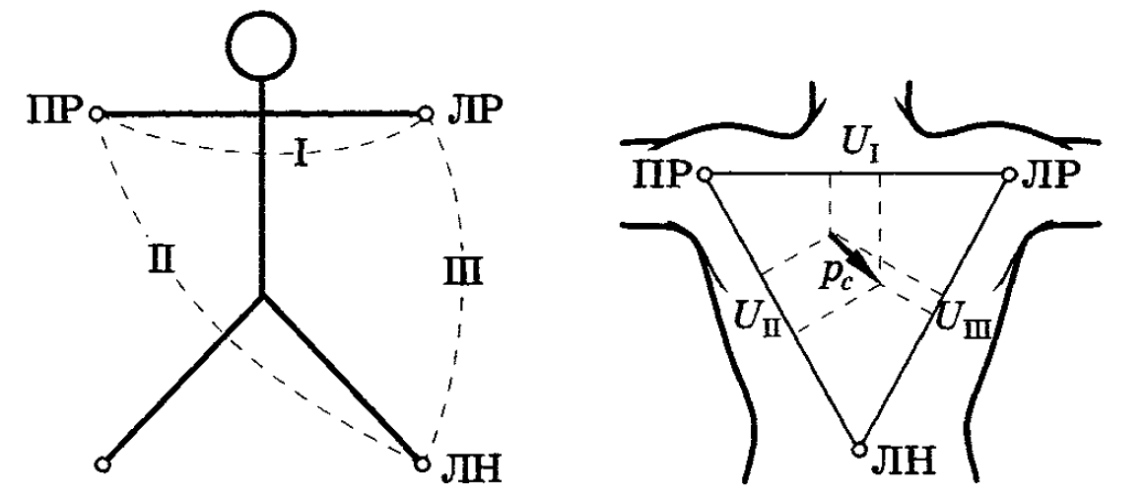
$$U_{II} = U_{III} + U_{I}$$

Теория отведений Эйнтховена

Отведение	Разность потенциалов
I отведение (правая рука — левая рука)	U_I
II отведение (правая рука — левая нога)	U_{II}
III отведение (левая рука — левая нога)	U_{III}

Отведения позволяют определить соотношение между проекциями электрического момента сердца на стороны треугольника по формуле:

$$U_I : U_{II} : U_{III} = p_{CI} : p_{CII} : p_{CIII}$$



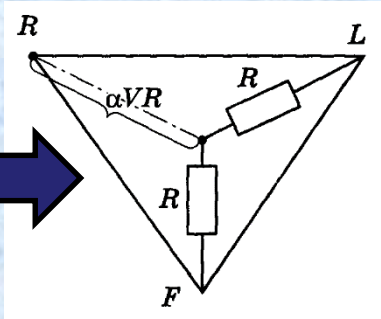
Закон Эйнтховена:

$$U_{II} = U_{III} + U_I$$

Регистрация ЭКГ на практике

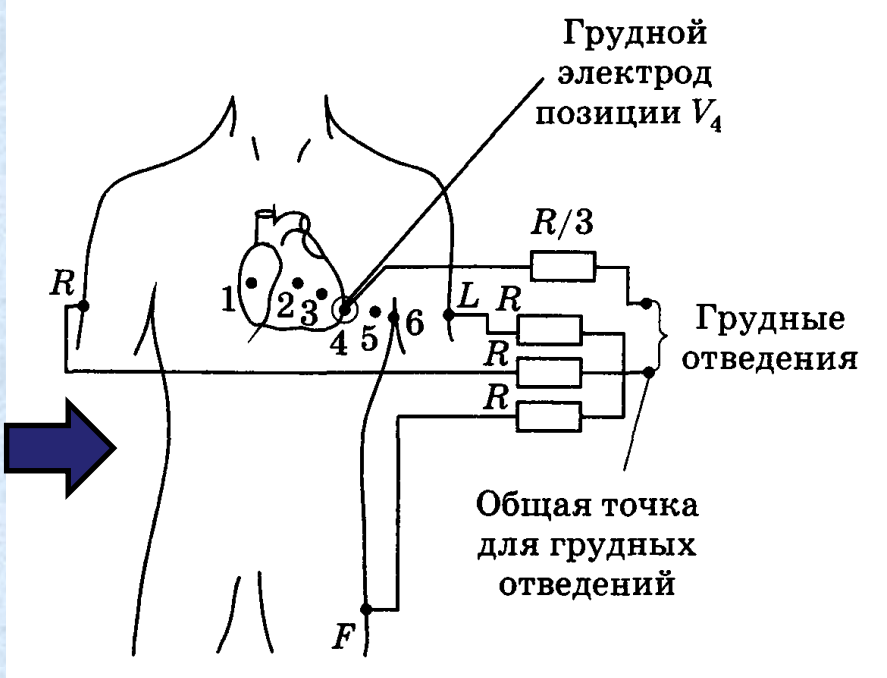
На практике, кроме трех стандартных отведений, регистрируют **еще девять отведений: три усиленных униполярных и шесть грудных.**

В униполярных усиленных отведениях, обозначаемых как ***αVR***, ***αVL*** и ***αVF***, регистрируют разность потенциалов между одной из вершин треугольника Эйнтховена (R, L или F) и усредненным потенциалом двух других его вершин, для чего последние соединяют между собой равными сопротивлениями *R*.



Три стандартных и три усиленных отведения *определяют поведение электрического вектора сердца лишь в плоскости треугольника Эйнтховена и* ***не дают информации о проекциях этого вектора на направление, перпендикулярное плоскости***

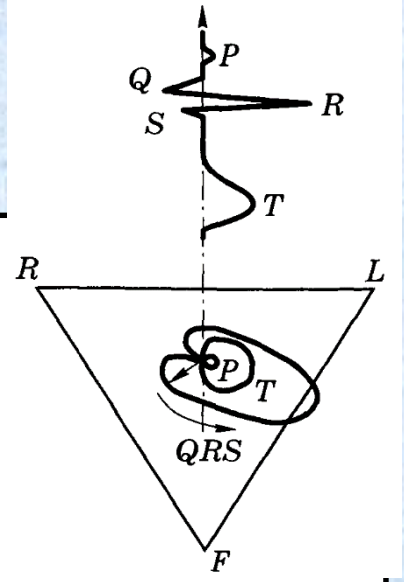
Чтобы получить полное представление об электрическом поле сердца, регистрируют еще ***шесть грудных отведений (V_1-V_6)***. Они представляют собой разность потенциалов между общей точкой треугольника и одной из шести точек на грудной клетке пациента.

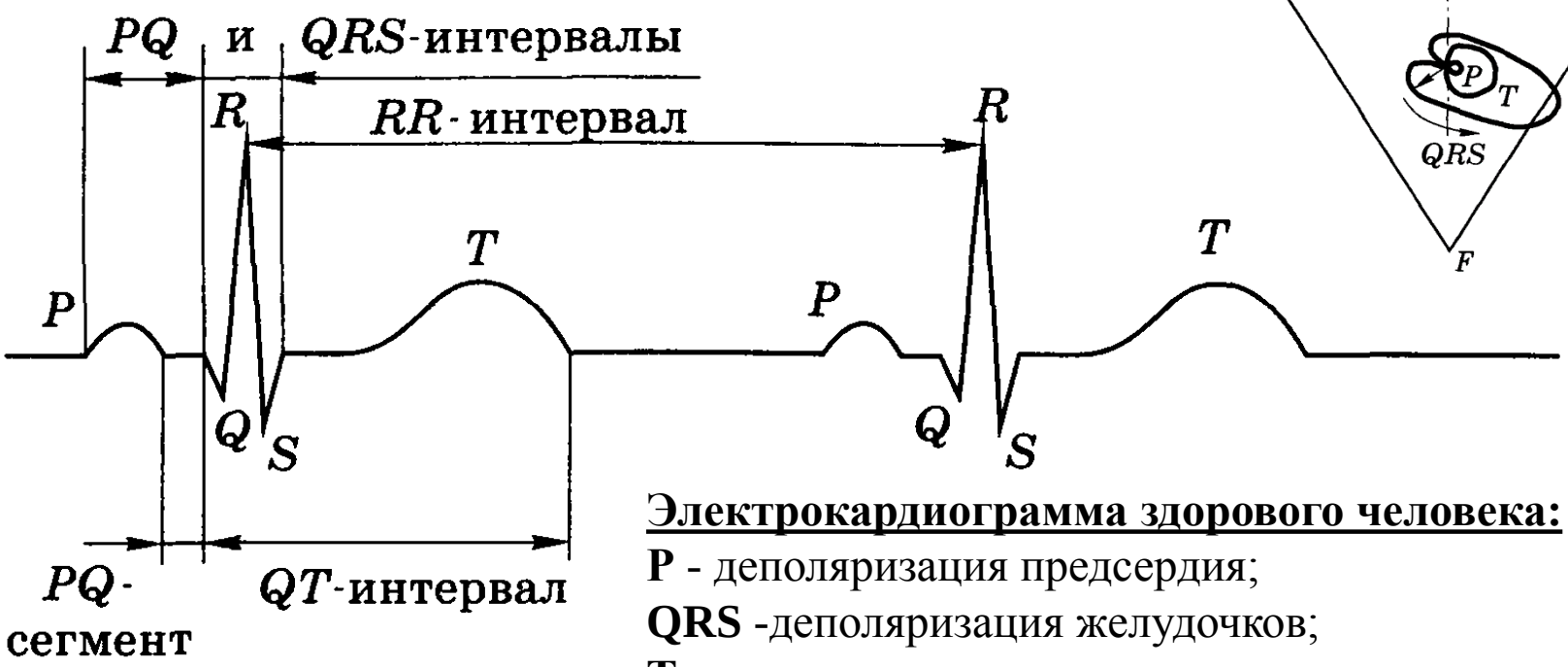


Электрокардиограмма

Электрокардиограмма представляет собой график изменения во времени разности потенциалов, снимаемой двумя электродами соответствующего отведения за цикл работы сердца.

Интервал ЭКГ	*PQ*	*QRS*	*QT*	*RR*
Длительность, с	< 0,2	< 0,12	0,3–0,4	0,85





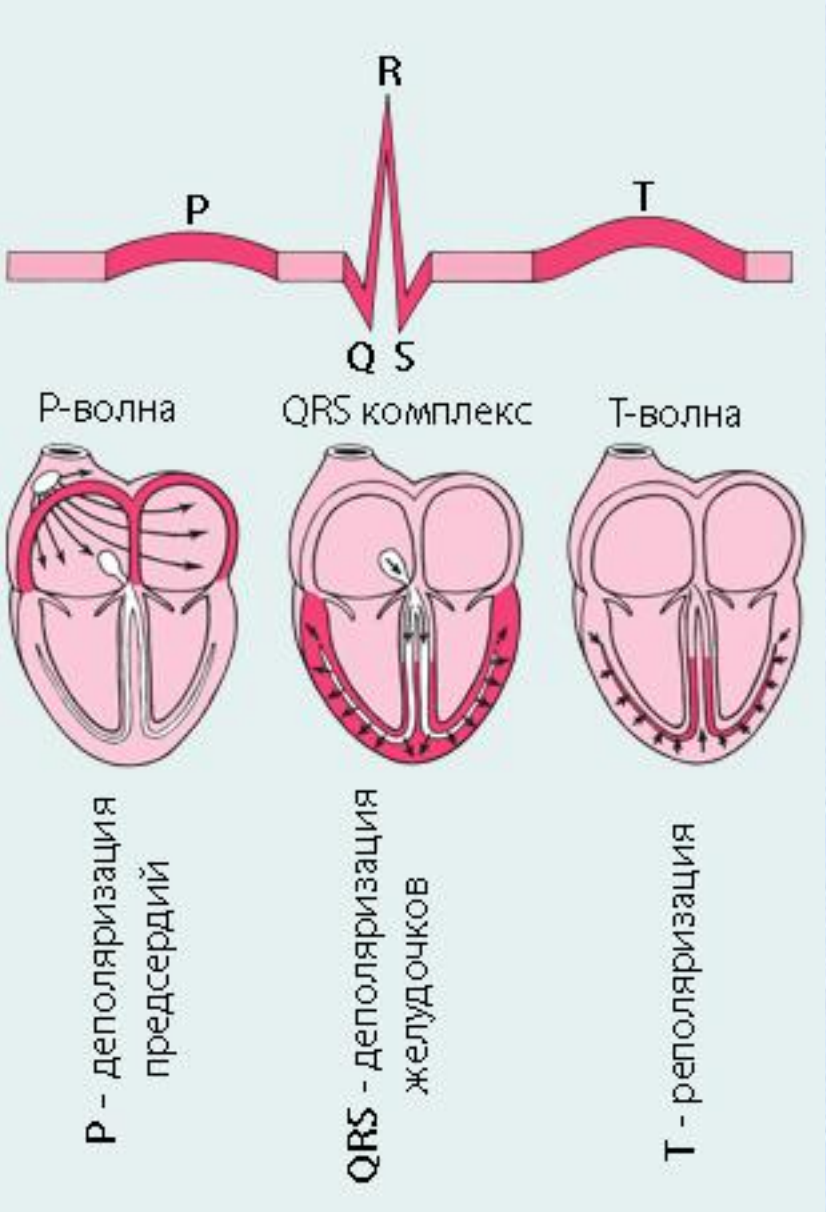
Электрокардиограмма здорового человека:

P - деполяризация предсердия;

QRS -деполяризация желудочков;

T - реполяризация

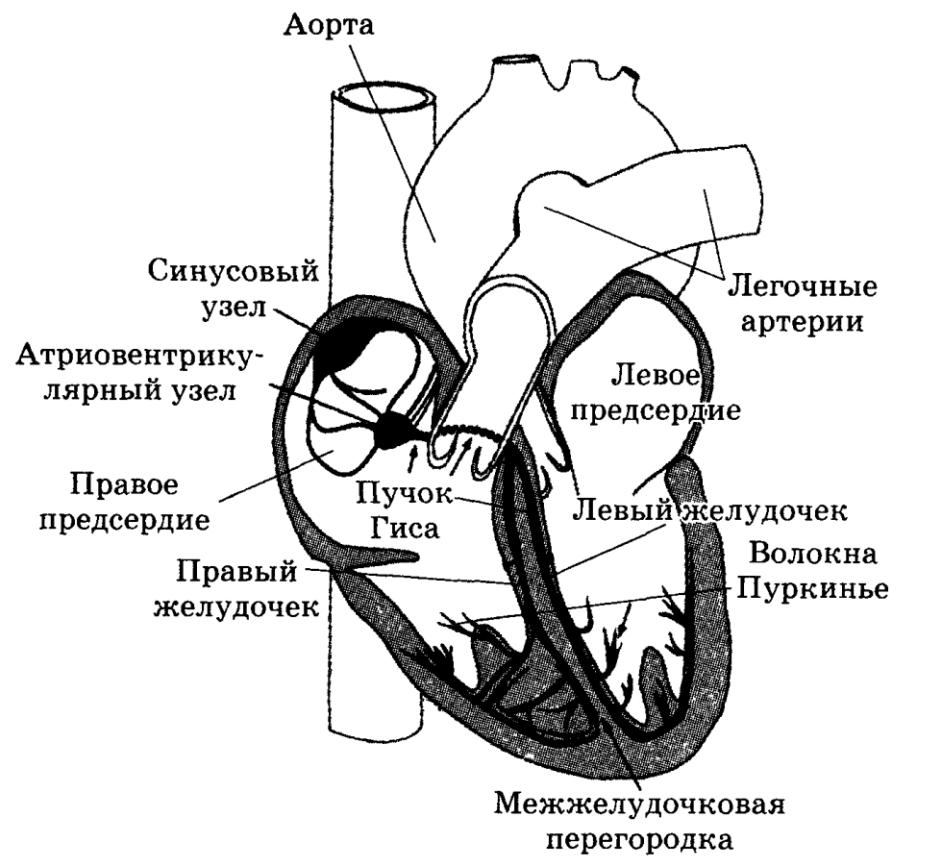
Электрокардиограмма



Параметры ЭКГ в норме.

- Длительность зубцов и интервалов в секундах:
- P = 0,06 – 0,11
- PQ – 0,12 – 0,20
- QRS – 0,06 – 0,1
- T – 0,05 – 0,25

- Амплитуда зубцов в милливольтах:
- P – 0,1 – 0,2
- Q – 0,3
- R – 1,0 – 2,0
- S – 0 – 0,06
- T – 0,2 – 0,6



Физические факторы, определяющие особенности ЭКГ

Факторы, определяющие особенности ЭКГ у отдельного человека:

1) положение сердца в грудной клетке,

2) положение тела,

3) дыхание,

4) действие физических раздражителей, в первую очередь физических нагрузок.

Электрический ток

Электрическим током называется упорядоченное движение электрических зарядов.

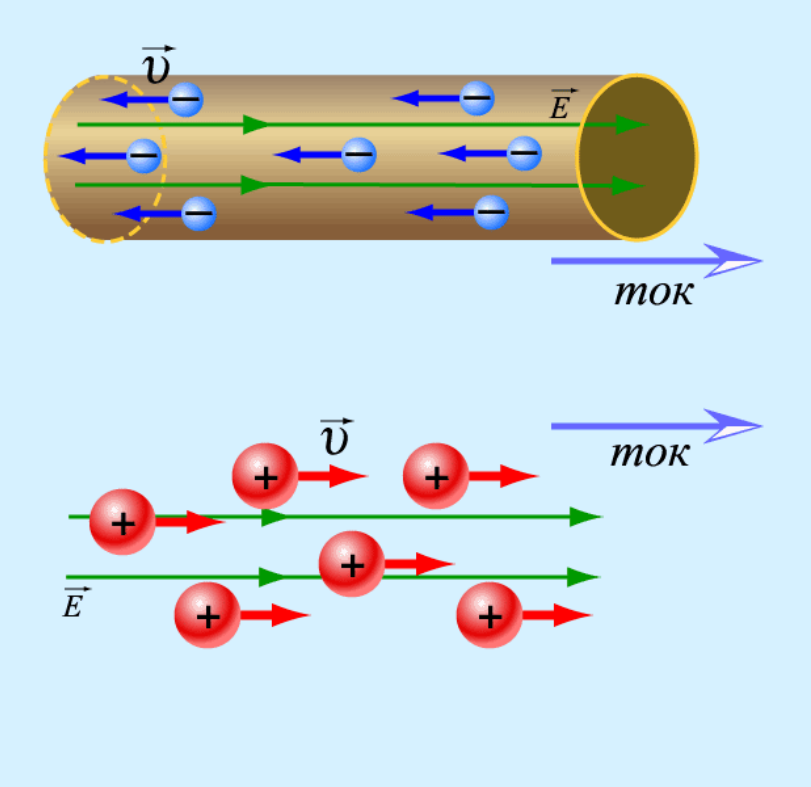
За направление тока принимается направление движения *положительных зарядов*. + ⟶ -

Количественной характеристикой электрического тока является **сила тока I:**

$$I = \frac{dq}{dt}, \quad [\text{А}] \text{ - ампер}$$

В случае постоянного тока: $I = \frac{q}{t}$

где **q** – заряд, протекающий через поперечное сечение проводника за время **t**.



Классификация веществ по электропроводности

Свойство вещества проводить ток под действием электрического поля называется электропроводностью вещества.

Электропроводность зависит от концентрации свободных электрически заряженных частиц (чем больше концентрация заряженных частиц, тем больше электропроводность вещества).

Типы веществ в зависимости от электропроводности

- **Проводники**
- **Полупроводники**
- **Диэлектрики**

1. Проводники

Металлы

В **металлах** явление электрического тока связано с **движением свободных электронов**, которые обладают очень большой подвижностью и находятся в состоянии теплового движения.

Эту **электропроводность** называют **электронной**.

Электролиты

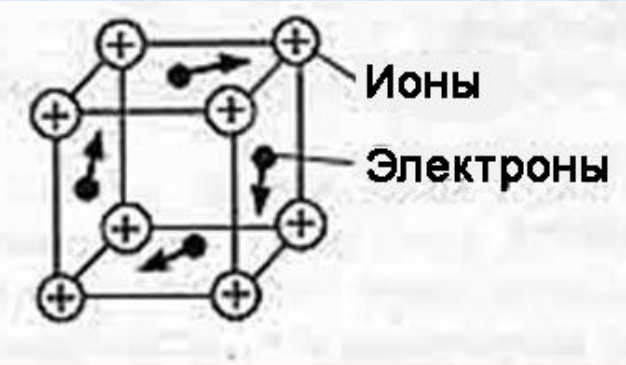
Водные растворы солей, кислот и т.д. называют **электролитами**.

В растворе молекулы электролитов **распадаются** (диссоциируют) на положительные и отрицательные **ионы**, которые под действием электрического поля могут перемещаться.

Такую проводимость называют **ионной**.

Проводники - Металлы

Электрический ток в металлах – это **упорядоченное движение свободных электронов.**



Кристаллическая решетка металла (схематично)

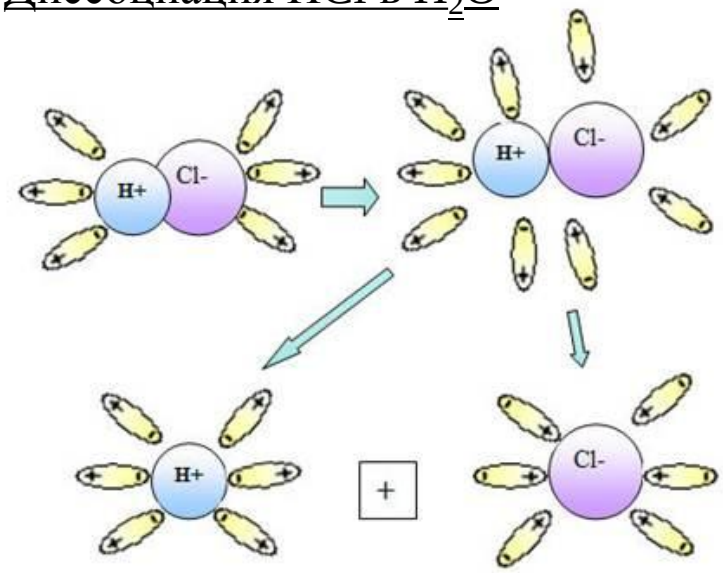
Проводники - Электролиты

Молекулы солей, кислот и др. в водных растворах диссоциируют (распадаются) на положительные и отрицательные ионы. Такие растворы называются **электролитами**.

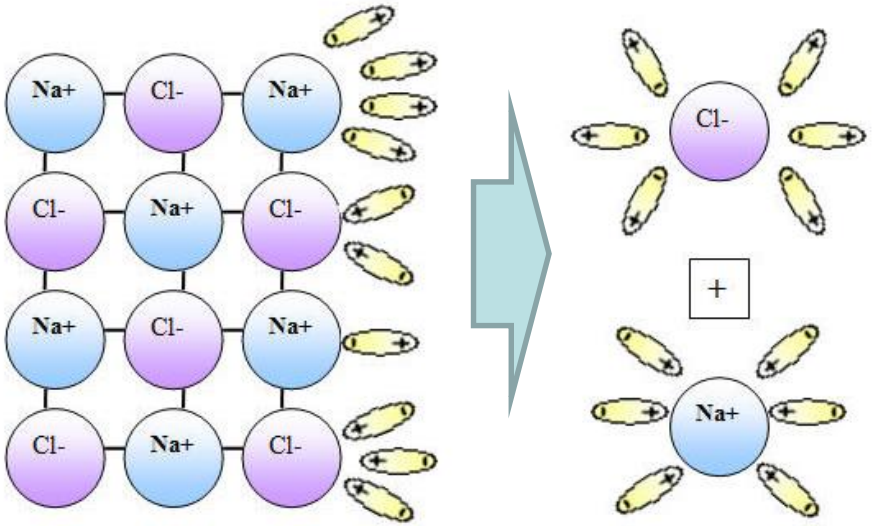
Электрический ток в электролитах – это **упорядоченное движение ионов.**

Биологические жидкости являются электролитами (кровь, лимфа, спинномозговая жидкость и др.)

Диссоциация HCl в H_2O



Диссоциация NaCl в H_2O



Постоянный ток в электролитах

Условия возникновения постоянного тока в среде:

1) Наличие свободных электрических зарядов (в электролитах – ионы, возникающие вследствие диссоциации)
2) Наличие электрического поля

Полная сила тока **I** определяется движением как положительных $\mathbf{I^+}$, так и отрицательных $\mathbf{I^-}$ ионов: $\mathbf{I = I_+ + I_-}$

Согласно закону Ома:

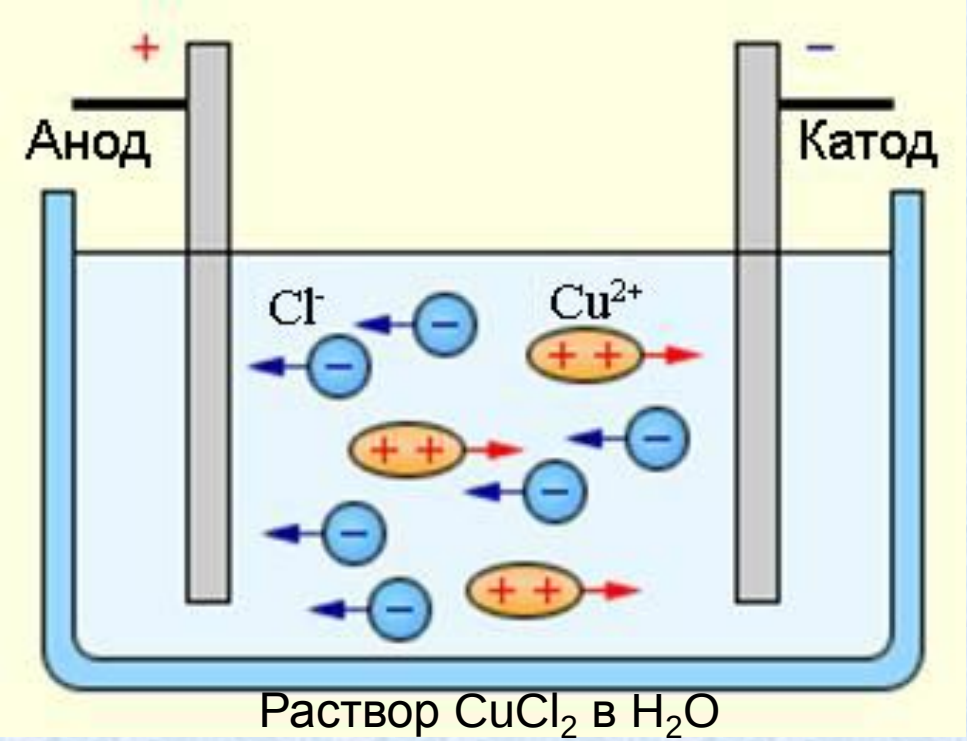
$$I = U/R, \qquad (1)$$

где U – напряжение,
R – сопротивление, I – сила тока.

Сопротивление проводника:

$$R = \rho \frac{l}{S} = \frac{1}{\gamma}\frac{l}{S} \qquad (2)$$

где ρ – удельное сопротивление; γ – удельная проводимость; l – длина; S – площадь сечения.



Постоянный ток в электролитах

Удельная проводимость электролита:

$$\gamma = \alpha q n (b_+ + b_-)$$

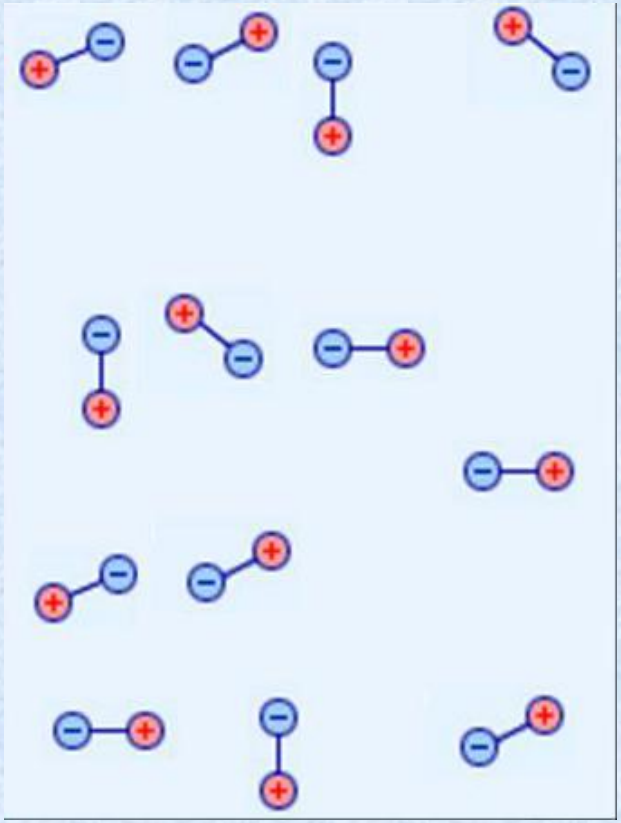
Удельная проводимость γ электролита тем больше, чем больше константа диссоциации α, концентрация ионов n, их заряд q и подвижность (b_+, b_-).

При повышении температуры возрастает подвижность ионов и увеличивается электропроводимость (уменьшается сопротивление).

2. Диэлектрики (изоляторы)

Диэлектрики представляют собой вещества с очень малой электропроводностью (газы, резиновые вещества, минеральные масла и т.п.).
В этих веществах электроны очень сильно связаны с ядрами атомов и под действием электрического поля редко отделяются от ядер.

Диэлектрики в нормальных условиях **не проводят электрический ток. В диэлектриках нет свободных электрических зарядов.**



Клеточные мембраны являются диэлектриками

Диэлектрики

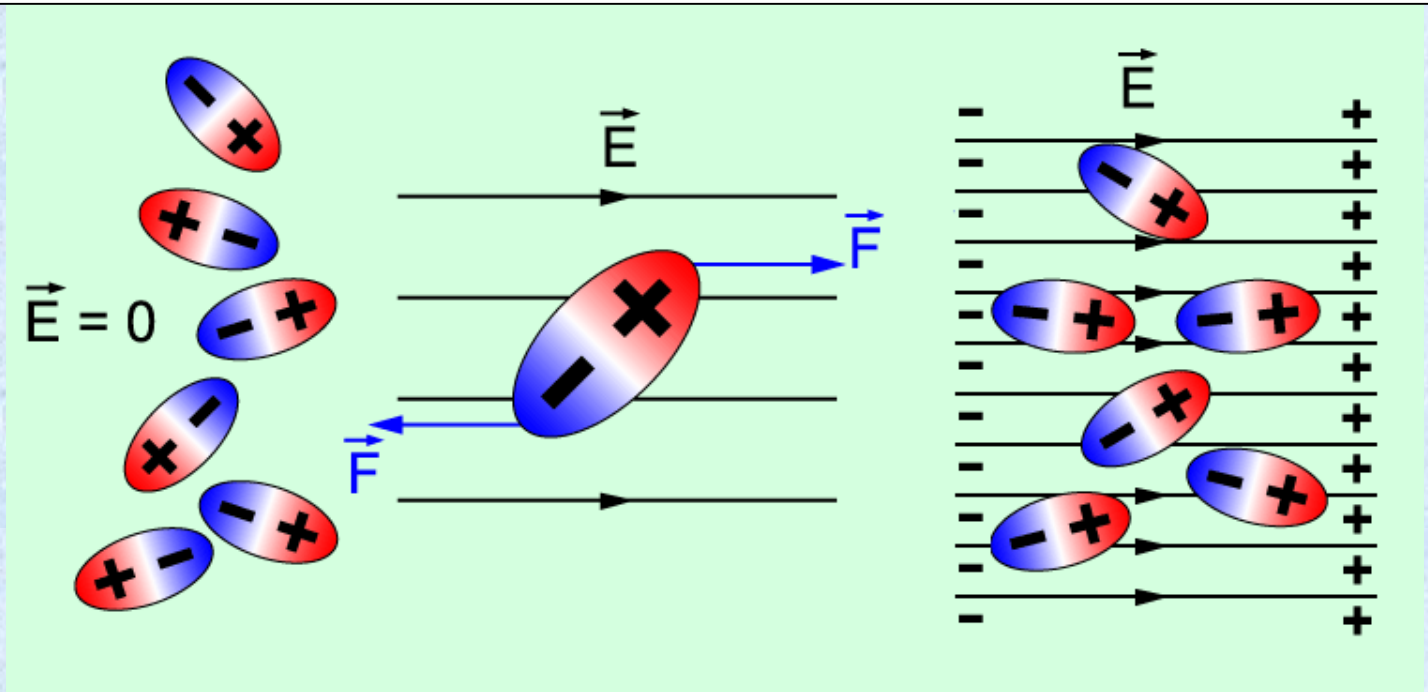
Процессы, происходящие в разных диэлектриках при наложении электрического поля, объединяют общим термином **поляризация** - **приобретение диэлектриком дипольного момента** ($\vec{p} = q\vec{l}$).

Диэлектрики

Полярные	Неполярные	Кристаллические
Ориентационная поляризация	**Электронная поляризация**	**Ионная поляризация**
Дипольный момент в отсутствие поля не равен нулю. *Вода, нитробензол, и др.*	***Дипольный момент в отсутствие поля равен нулю.*** *Водород, кислород и др.*	***Ионная кристаллическая решетка*** *Кристаллы NaCl, KCl, KBr и др.*

Полярные диэлектрики

Молекулы полярных диэлектриков **несимметричны**, «центры масс» их положительных и отрицательных зарядов не совпадают, поэтому такие молекулы **обладают электрическим дипольным моментом даже в случае, когда электрического поля нет**.



H_2O

CH_3Cl

$(CH_3)_2CO$

NH_3

и

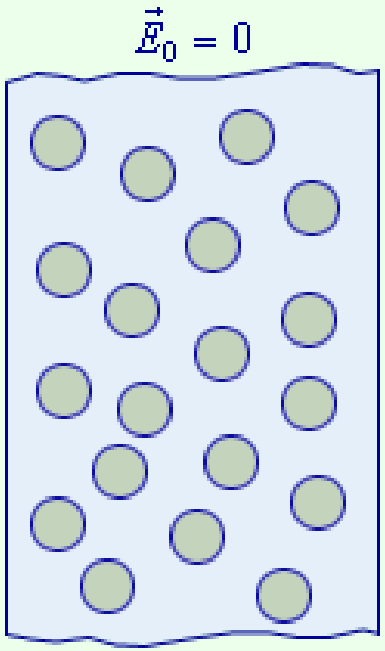
другие…

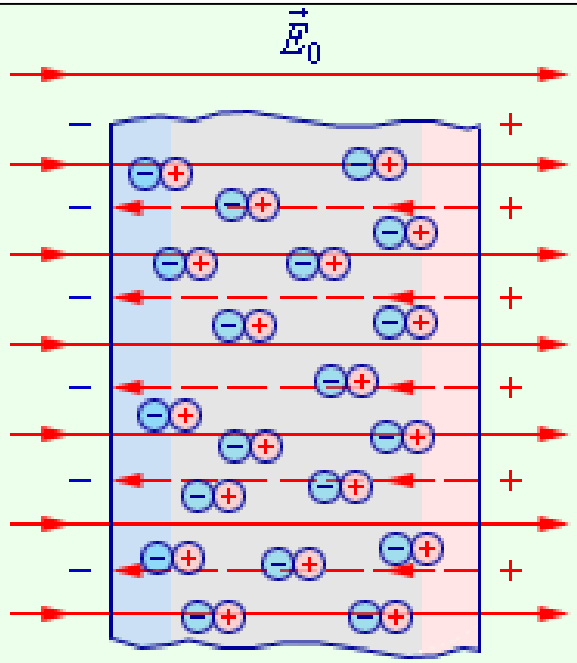
В отсутствие электрического поля ($\boldsymbol{E}$=**0**) дипольные моменты молекул ориентированы хаотически и их сумма равна нулю: $\sum \vec{p_i} = \mathbf{0}$

При наложении электрического поля ($\boldsymbol{E} \neq \mathbf{0}$) дипольные моменты молекул стремятся сориентироваться вдоль поля, в этом случае : $\sum \vec{p_i} \neq \mathbf{0}$

Неполярные диэлектрики

Молекулы неполярных диэлектриков в отсутствие электрического поля **не обладают дипольным моментом**, в таких молекулах заряды электронов и ядер расположены так, что «центры масс» положительных и отрицательных зарядов совпадают.





N_2

H_2

C_6H_6

CO_2

и

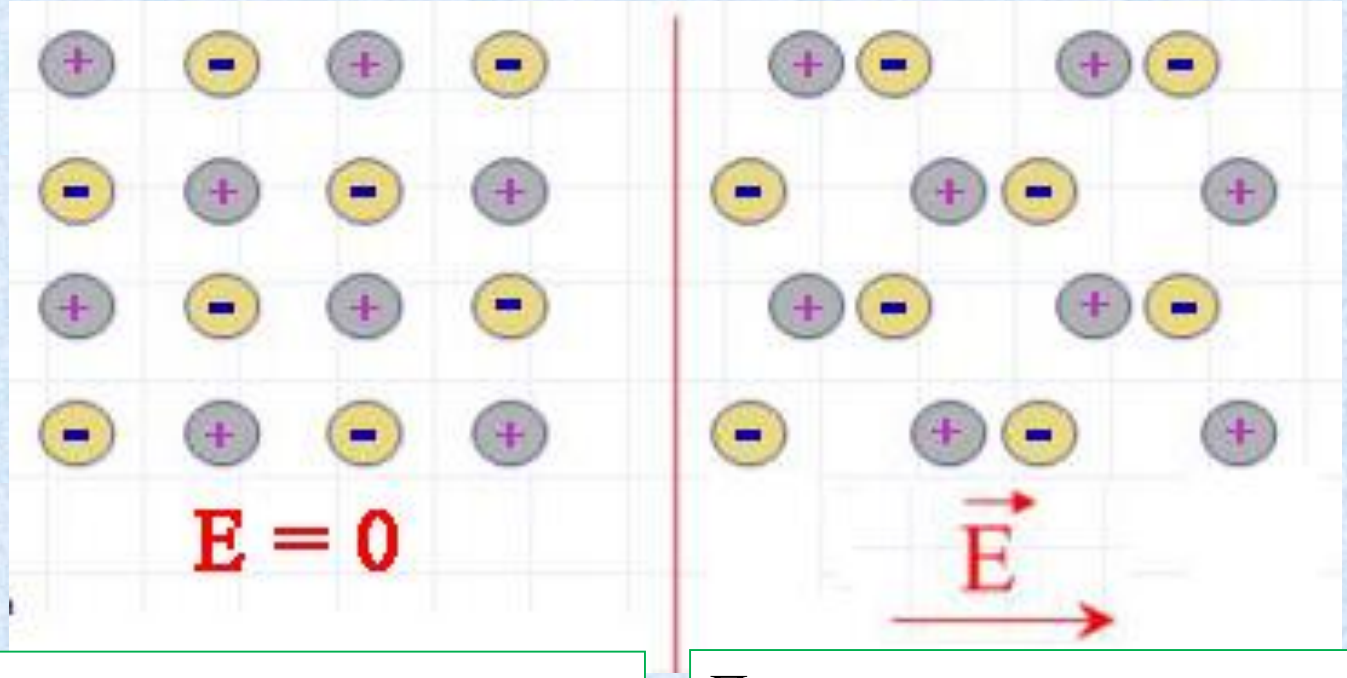
другие…

В отсутствие электрического поля (***E*=0**) молекулы не обладают дипольными моментами : $\sum \vec{p_i} = 0$

При наложении электрического поля (***E*≠0**) разноименные заряды несколько смещаются в противоположные стороны и у молекул появляется дипольный момент, в этом случае : $\sum \vec{p_i} \neq 0$

Кристаллические диэлектрики

Решетка кристаллических диэлектриков (напр. $Na^{+}Cl^{-}$) **состоит из положительных и отрицательных ионов.** Такой диэлектрик можно схематически рассматривать как **совокупность двух «подрешеток»**, **одна** из которых заряжена **положительно**, **другая** — **отрицательно**.



каменная соль

кварц

слюда

корунд

и

другие…

В отсутствие электрического поля (***E*=0**) «подрешетки» ионов разного знака расположены симметрично: $\sum \vec{p_i} = 0$

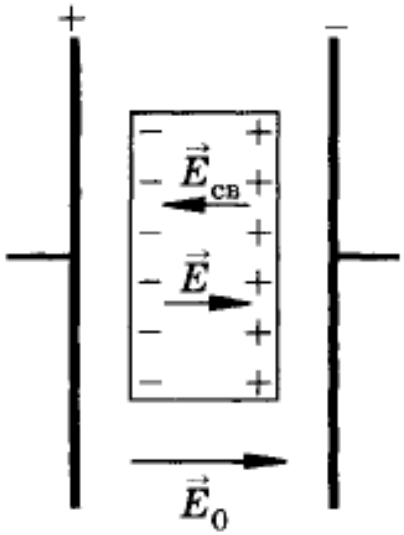
При наложении электрического поля (***E*≠0**) «подрешетки» ионов разного знака смещаются в противоположные стороны и кристалл в целом поляризуется: $\sum \vec{p_i} \neq 0$

Диэлектрическая проницаемость

Связанные заряды создают однородное поле напряженностью $\overrightarrow{E_{св}}$, в результате **в диэлектрике** формируется **электрическое поле** напряженностью:

$$\vec{E} = \vec{E_0} - \vec{E_{CB}}$$

где $\overrightarrow{E_0}$ - напряженность внешнего электрического поля.



Таким образом, **напряженность электрического поля в диэлектрике $\vec{E}$ будет меньше напряженности внешнего электрического поля $\overrightarrow{E_0}$.**

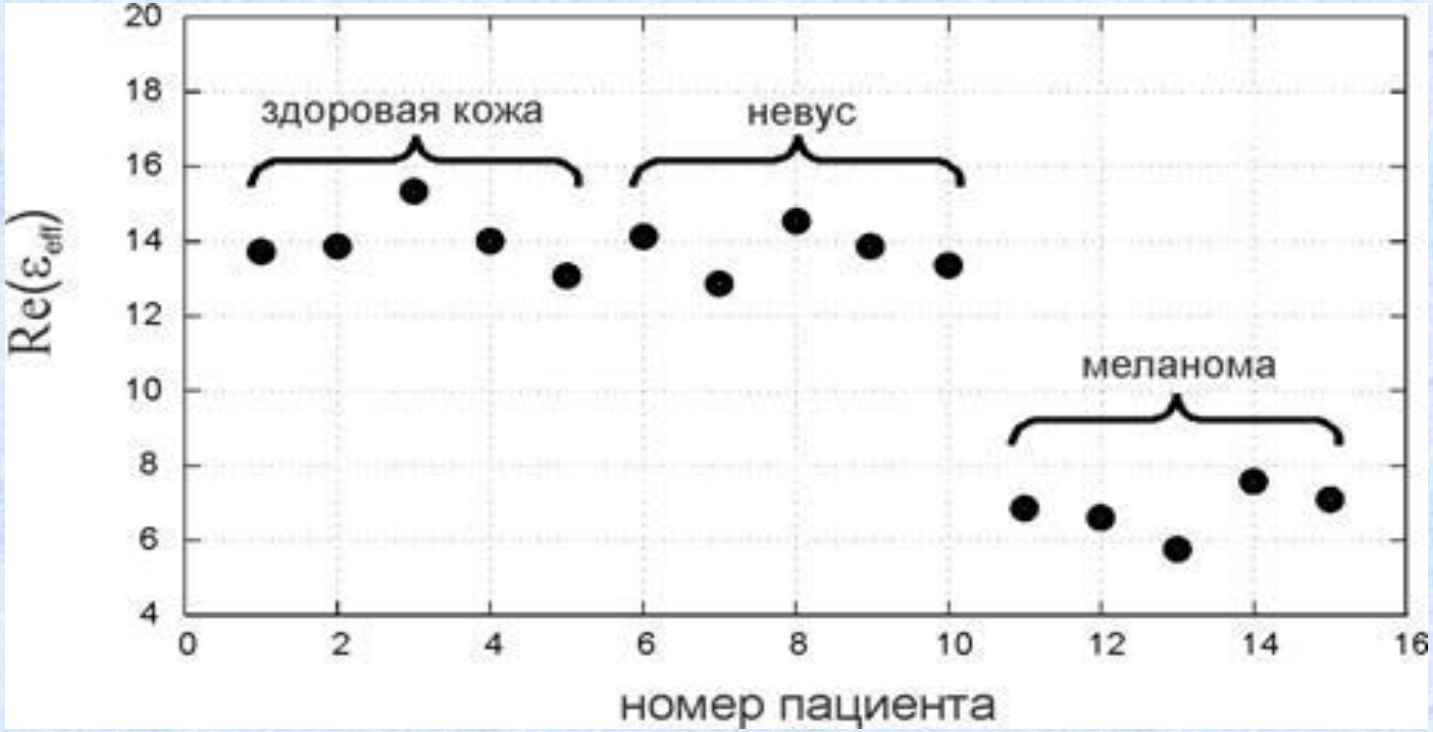
$$\varepsilon = \frac{E}{E_0}$$ **- диэлектрическая проницаемость среды.**

	ε		ε
Керосин	2	Белок яичный	72
Масло растительное	2—4	Вода	81
Стекло	6—10	Кровь цельная	85
Крахмал	12	Серое вещество мозга	85
Молоко коровье	66	Нерв зрительный	89
		Белое вещество мозга	90

Диэлектрическая проницаемость различных веществ

Диагностическое применение диэлектрической проницаемости

Различие диэлектрической проницаемости нормальных и патологических тканей и сред как в постоянных, так и в переменных, электрических полях можно использовать для диагностических целей.



Диэлектрическая проницаемость кожи для датчика с глубиной зондирования 1.1 мм кожи в области пигментных новообразований [Янин Д.В., Галка А.Г. и др., институт прикладной физики РАН, 2014 г.].

Прохождение тока через биологические ткани и жидкостей

Биологические ткани и жидкости

Электролиты (проводники)

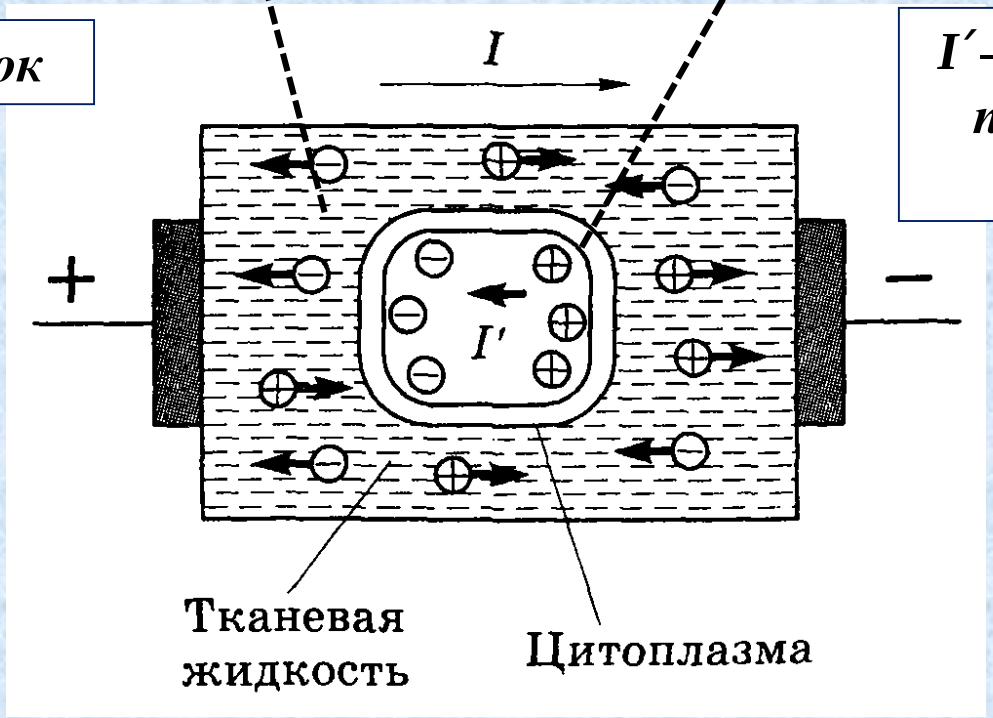
Кровь, лимфа и др…

Диэлектрики

Клеточные мембраны

I – основной ток

I′ – внутритканевый поляризационный ток



Электропроводимость биологических тканей и жидкостей

Ткань, электролит	уд. сопротивление ρ, Ом · м	уд. проводимость γ, См/м
Спинномозговая жидкость	0,55	1,8
Кровь	1,66	0,6
Мышечная ткань	2	0,5
Ткань мозговая и нервная	14,3	0,07
Ткань жировая	33,3	0,03
Кожа (сухая)	10^5	10^{-5}
Кость без надкостницы	10^7	10^{-7}

Электролиты

Диэлектрики

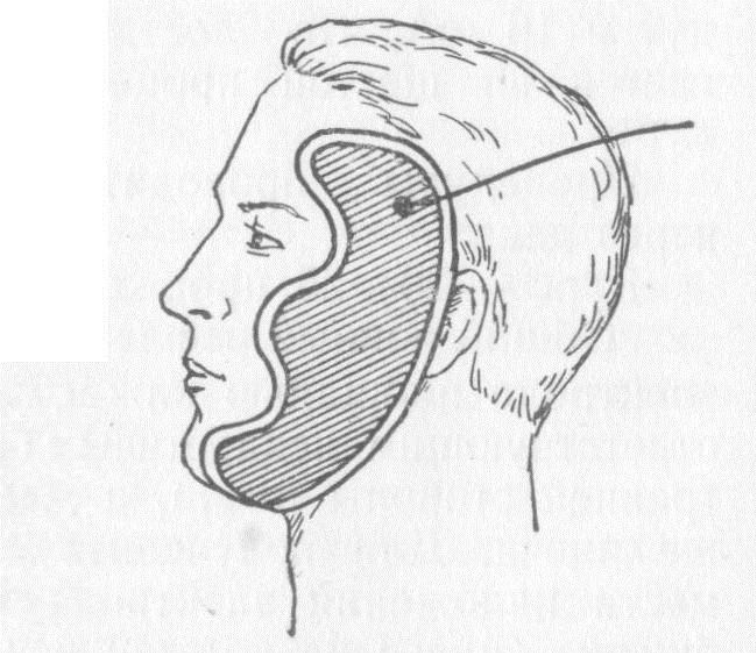
Электропроводимость тканей и органов зависит может быть использована как **диагностический показатель**. (Например, при воспалении, когда клетки набухают, уменьшается сечение межклеточных соединений и увеличивается электрическое сопротивление; физиологические явления, вызывающие потливость, сопровождаются возрастанием электропроводимости кожи и т. д.)

Терапевтические методы, основанные на использовании постоянного тока

Гальванизация – это лечебный метод физиотерапии, заключающийся в воздействии на тело человека постоянным электрическим током при напряжении *60-80 В* и силе тока *до 50 мА* через контактно наложенные электроды.

Механизм действия: перераспределение ионов, изменение проницаемости мембран, деятельности ферментов и уровня обменных процессов.

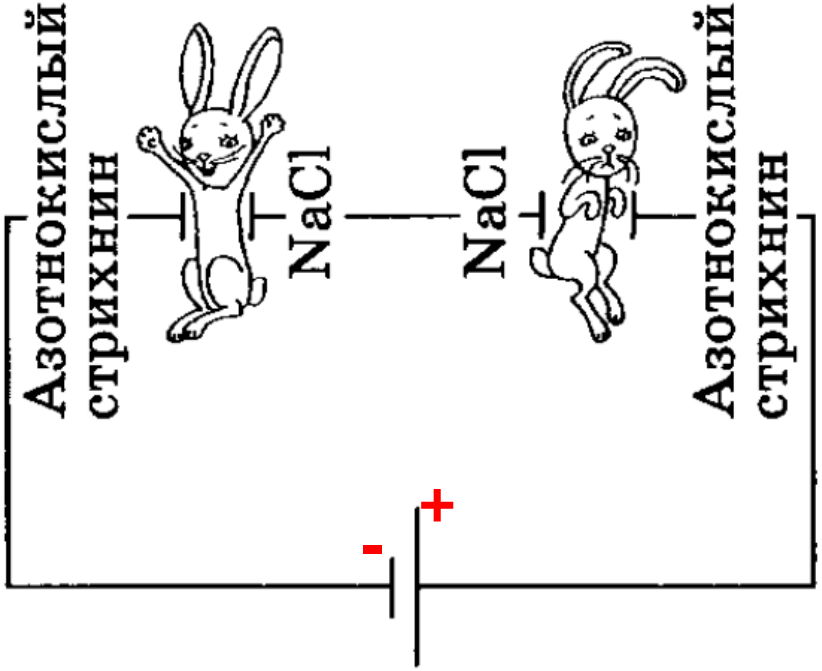
Терапевтические эффекты: повышает или снижает функции тканей, оказывает болеутоляющий эффект, улучшает периферическое кровообращение, восстанавливает поврежденные ткани и нервы, вызывает местную и общую реакции организма, стимулирует регуляторную функцию нервной системы.



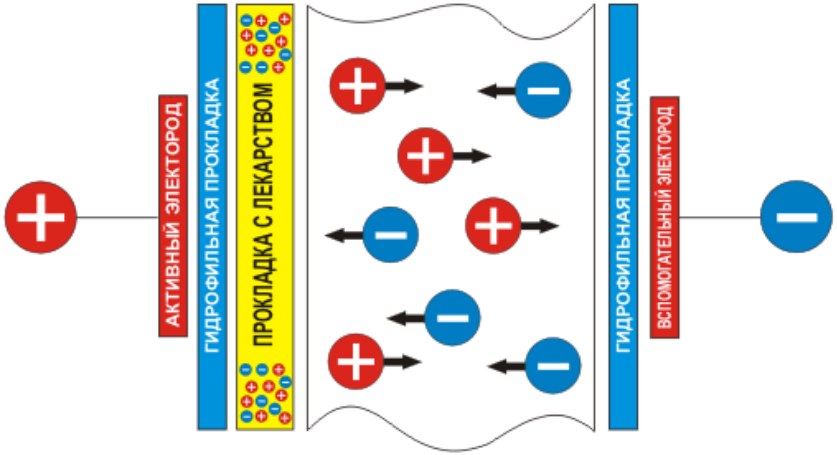
Гальванизация тройничного или лицевого нерва при помощи полумаски Бергонье.

Терапевтические методы, основанные на использовании постоянного тока

Электрофорез лекарственных веществ – это введение лекарственных веществ с помощью постоянного тока.



Кролик, у которого стрихнин на аноде ("+") погибает, у которого стрихнин на катоде ("-") - выживает



Прокладку активного электрода смачивают раствором лекарства. Лекарство вводят с того полюса, зарядом которого оно обладает: анионы – с катода, катионы – с анода.

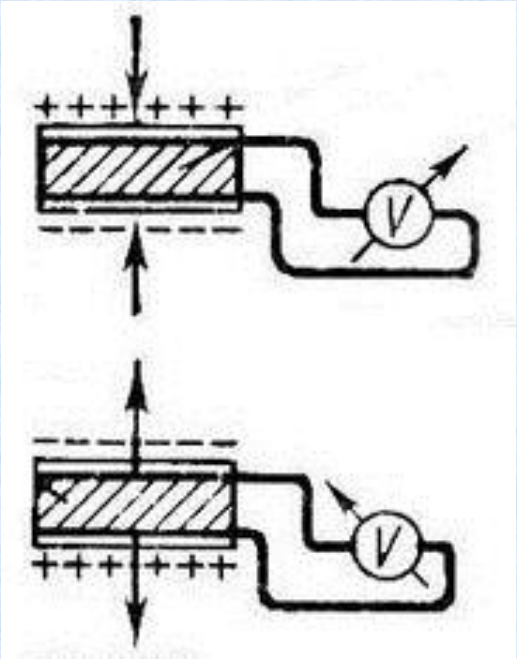
Преимущества введения лекарств методом электрофореза

- ***В патологическом очаге***, особенно расположенном поверхностно, можно создать ***высокую концентрацию лекарственных веществ***, не насыщая ими весь организм.
- Обеспечивает ***подведение лекарственного вещества*** к патологическому очагу, ***в районе*** которого имеются ***нарушения кровообращения*** в виде капиллярного стаза, тромбоза сосудов, некроза и инфильтрации.
- Вводимые в организм с помощью постоянного тока ***лекарства практически не вызывают побочных реакций***, что обусловлено рядом причин: поступлением их в чистом, лишенном примесей виде и минуя желудочно-кишечный тракт; невысокой концентрацией их в крови; десенсибилизирующим действием самого тока и его активным влиянием на общую и иммунную реактивность.
- Метод электрофореза обеспечивает ***пролонгированное действие лекарства***, что вызвано его медленным (от 1-3 до 15-20 дней) поступлением из кожного депо во внутренние среды организма.
- Введение препаратов с помощью электрофореза ***безболезненно***, не сопровождается повреждением кожи и слизистых, не вызывает неприятных ощущений.
- Фармакотерапевтическое ***действие лекарств может*** заметно ***усиливаться*** вследствие введения их в ионизированном состоянии и на фоне гальванизации.

Пьезоэлектрический эффект (Пьезоэффект)

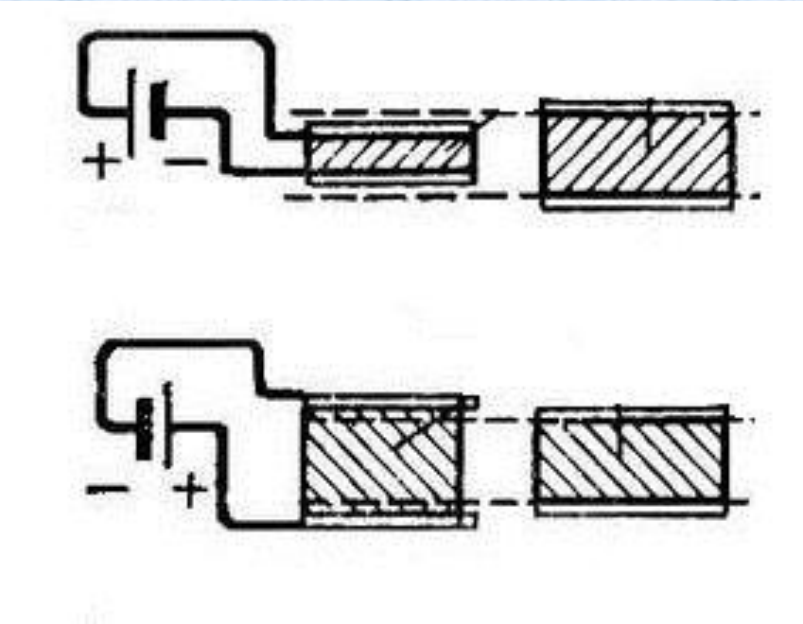
Пьезоэлектрический эффект

Прямой



Деформация ➡ Поляризация

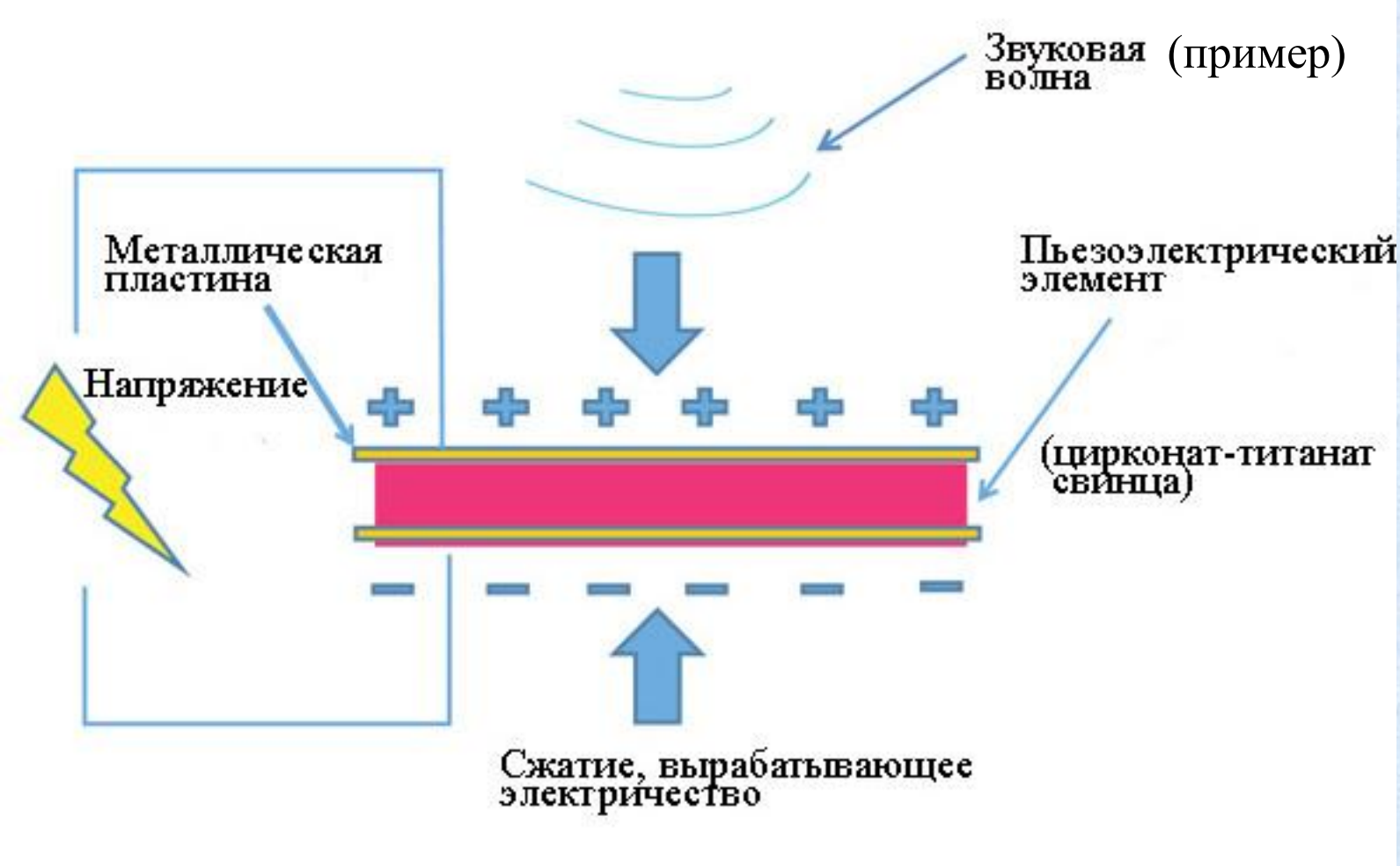
Обратный



Поляризация ➡ Деформация

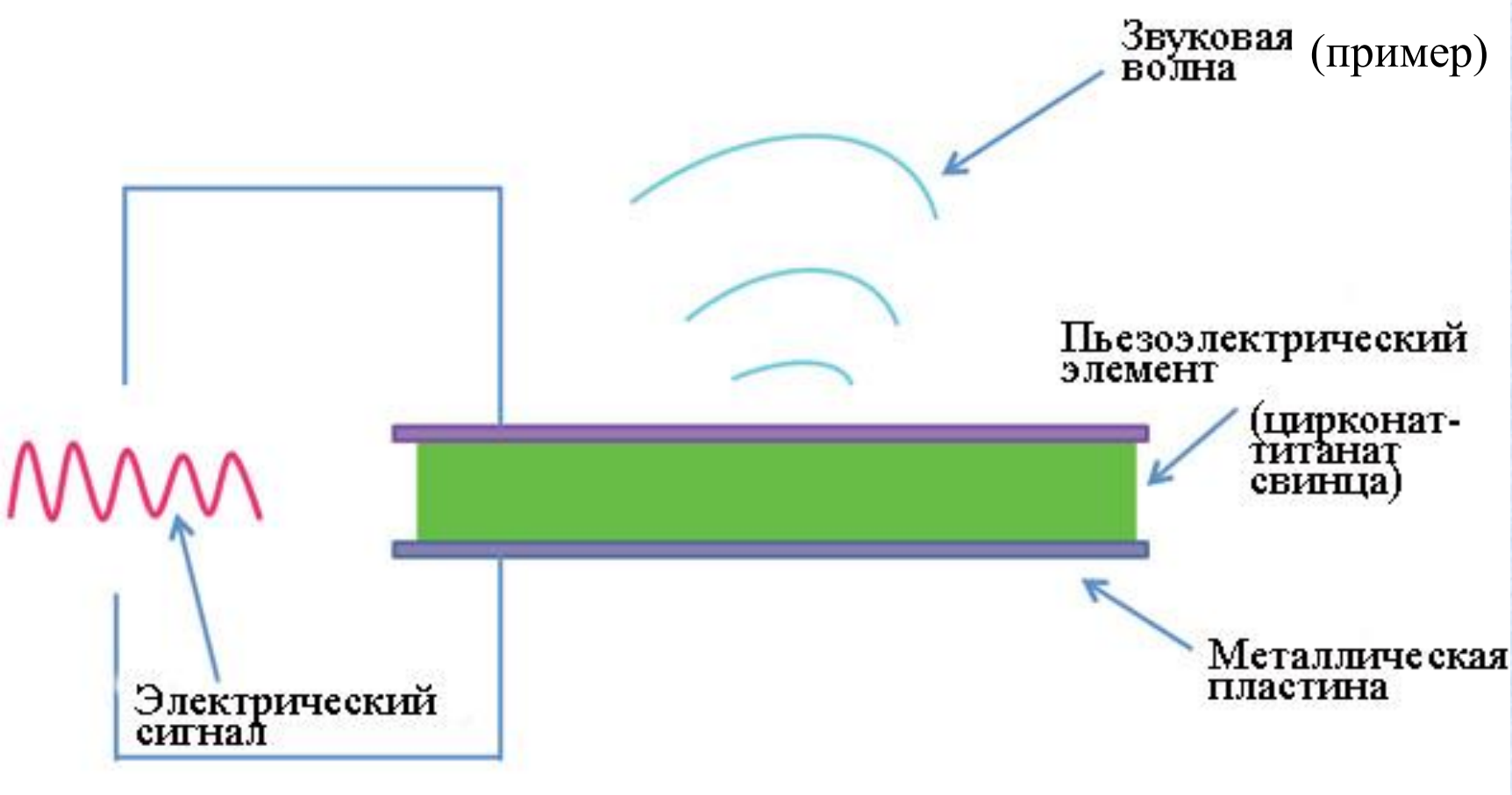
Используется в УЗИ

Прямой пьезоэлектрический эффект



Прямой пьезоэлектрический эффект – это явление возникновения электрической поляризации в кристалле при растяжении или сжатии.

Обратный пьезоэлектрический эффект



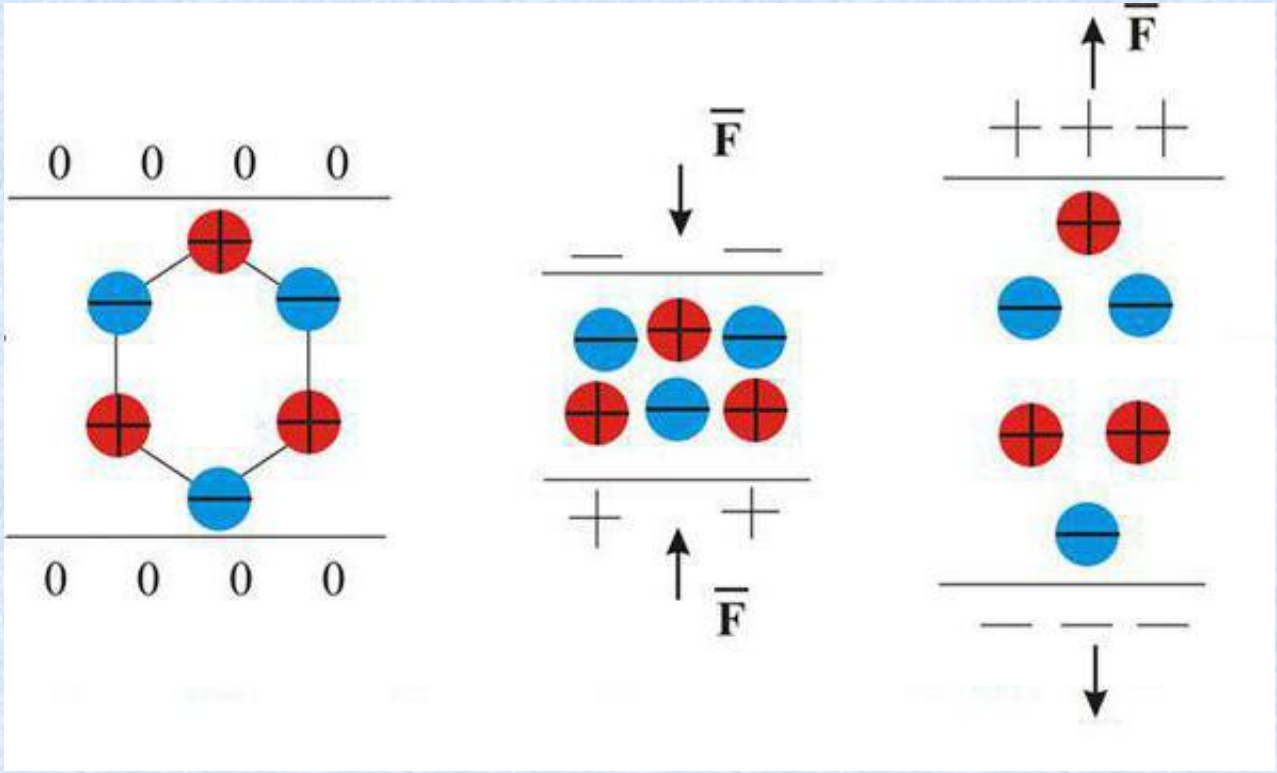
Обратный пьезоэлектрический эффект – это явление возникновения деформации в кристалле под воздействием внешнего электрического поля.

Пьезоэлектрический эффект

Пьезоэлектрический эффект обусловлен деформацией элементарных кристаллических ячеек и сдвигом подрешеток относительно друг друга при механических деформациях.

Поляризованность при небольших механических деформациях пропорциональна их величине.

Пьезоэффект возникает в кварце, сегнетовой соли и некоторых других кристаллах.



Пьезоэлектрический эффект: применение

Оба пьезоэффекта — прямой и обратный — **применяют** в тех случаях, **когда необходимо преобразовать механическую величину в электрическую или наоборот**.

Прямой пьезоэффект используют в медицине — в датчиках для регистрации пульса, в технике — в адаптерах, микрофонах и для измерения вибраций.

Обратный пьезоэффект — для создания механических колебаний и волн ультразвуковой частоты (УЗИ).

Существенный пьезоэффект возникает в костной ткани при наличии сдвиговых деформаций. Причина эффекта — деформация коллагена — основного белка соединительной ткани. Поэтому пьезоэлектрическими свойствами обладают также сухожилия и кожа.