

Лекция 5
12.04.2017

Элементы электрографии.
Теория Эйнтховена.

Любое исследование – решение прямой или
обратной задач

Прямая задача:

Причина \rightarrow следствие

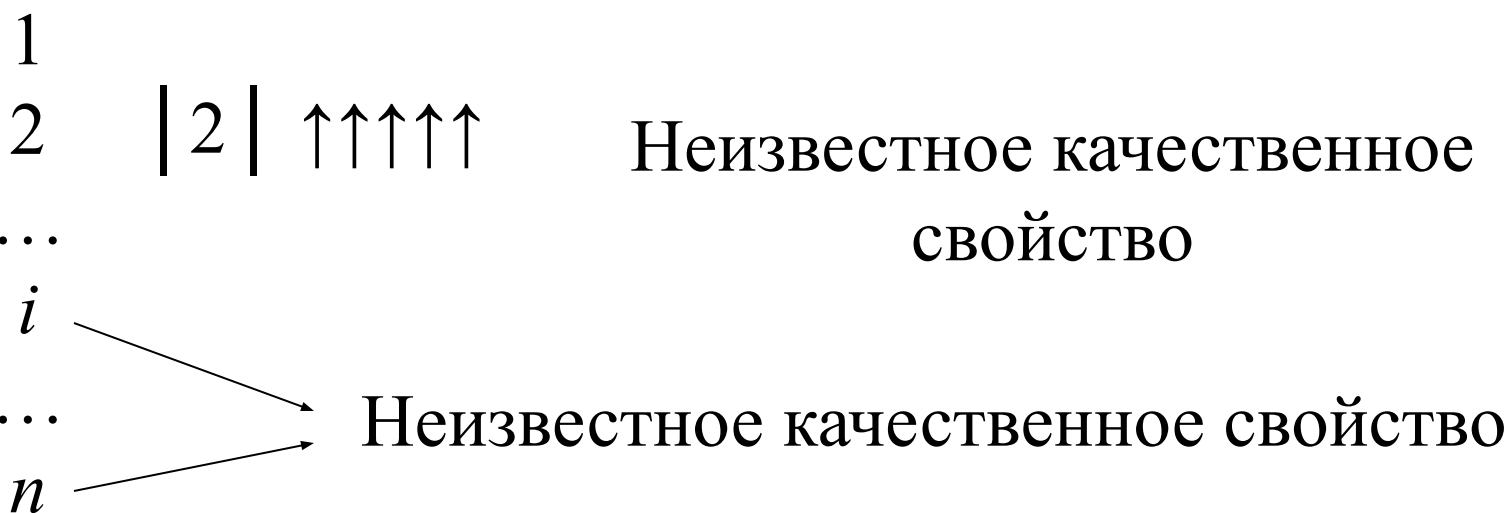
Следствие с высокой степенью вероятности
определяется причиной

Прямая задача: $f'(x) = \frac{df(x)}{dx}$

$$f(x) = x^2 \quad \Rightarrow \quad f'(x) = 2x$$

Причина comb свойства \rightarrow следствие

Свойства:



Обратная задача:

Следствие \rightarrow причина

Причина с меньшей степенью вероятности определяется следствием или нужны дополнения

Обратная задача: $F(x) = \int f(x)dx$

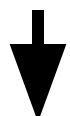
$$f(x) = 2x \Rightarrow F(x) = x^2 + C$$

Дополнительное (начальное) условие:

$$F(x_0) = A$$

Диагностика:

Объективные
характеристики



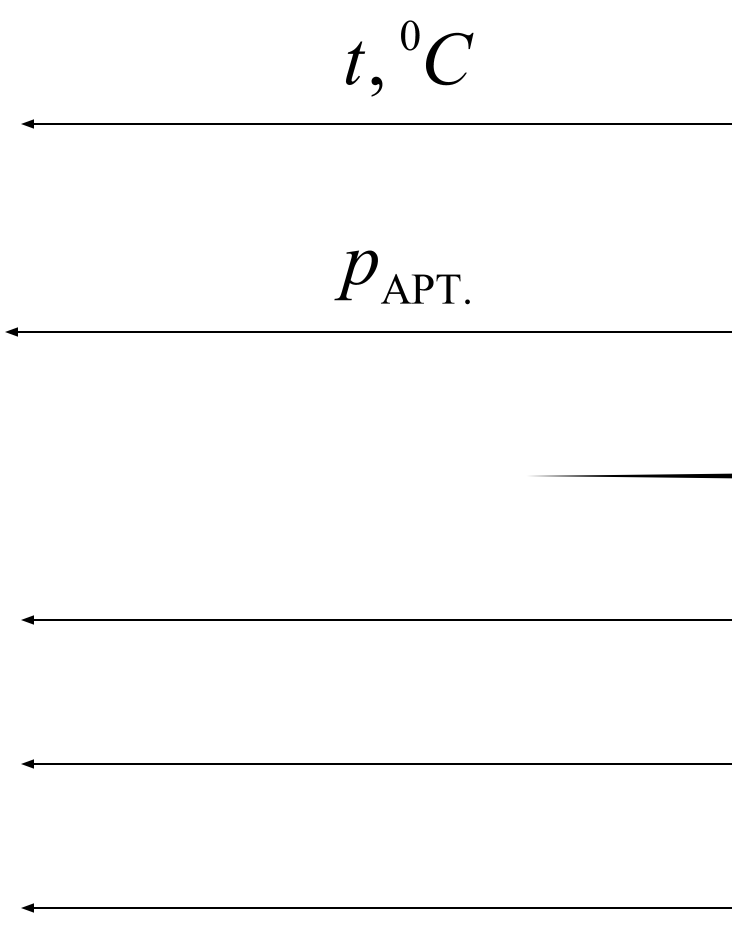
Врач

$t, ^\circ C$

$p_{\text{АРТ}}$

Пациент

Ощущения и фантазии пациента

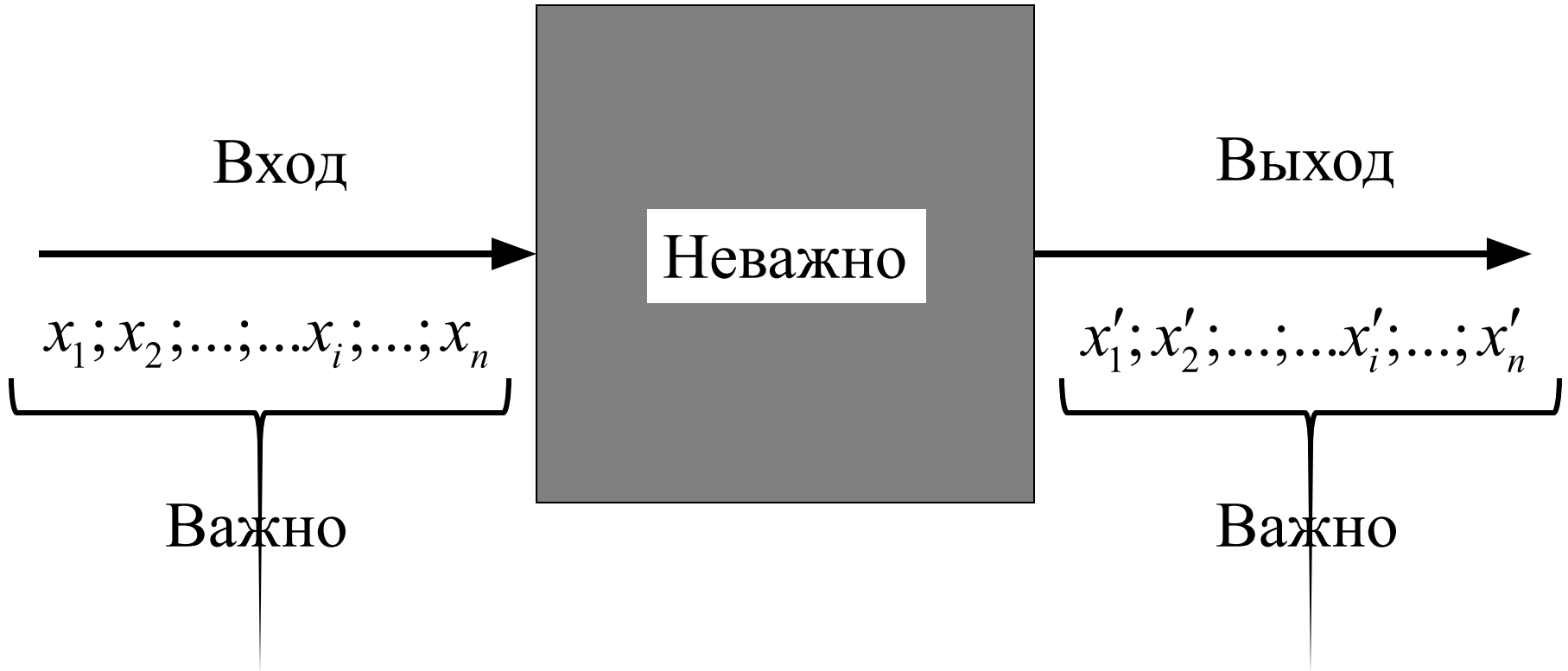


Принципиальная неразрешимость многих обратных задач

Следствие → Причина 1
Причина 2
Причина 3

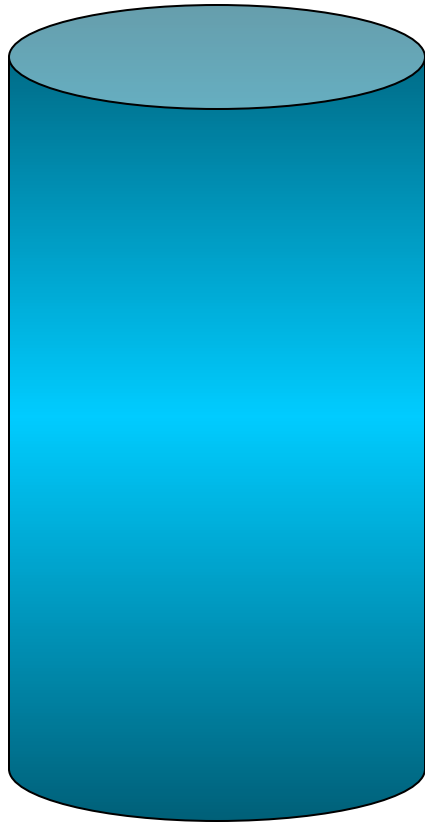
Кибернетический подход

«Черный ящик»



Прямая задача электрографии:

$$q = q(x, y, z, t)$$

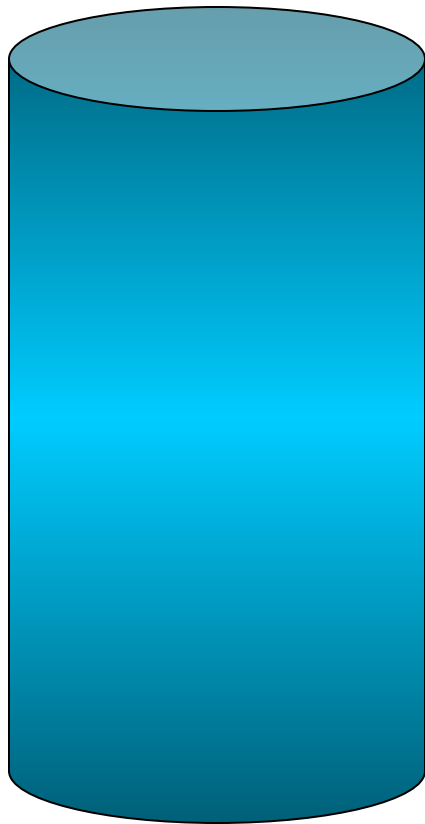


$$\vec{E} = \vec{E}(x, y, z, t) = ?$$

$$\varphi = \varphi(x, y, z, t) = ?$$

Обратная задача электрографии:

$$q = q(x, y, z, t) = ?$$



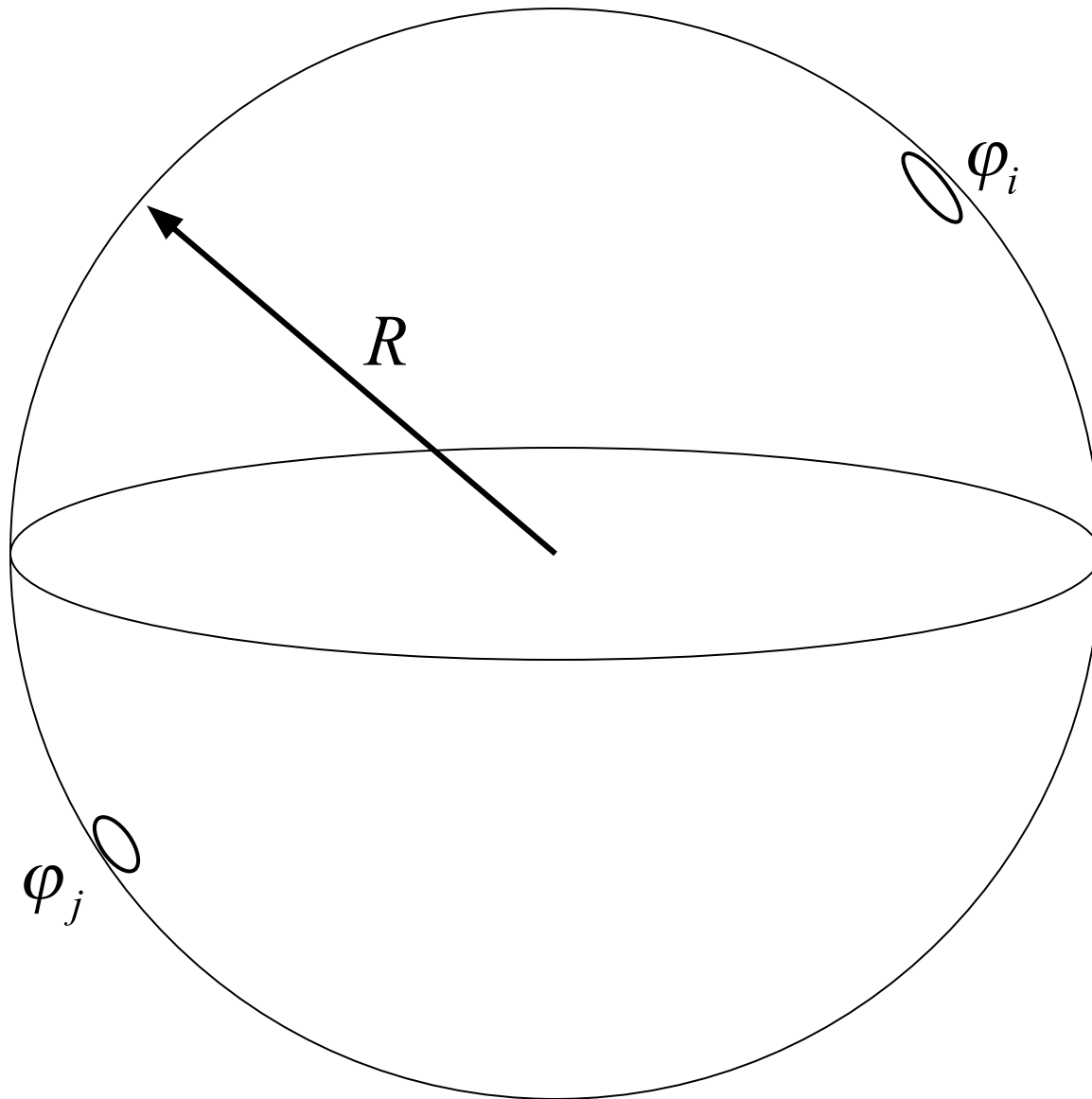
$$\vec{E} = \vec{E}(x, y, z, t)$$

$$\varphi = \varphi(x, y, z, t)$$

Пример обратной задачи:

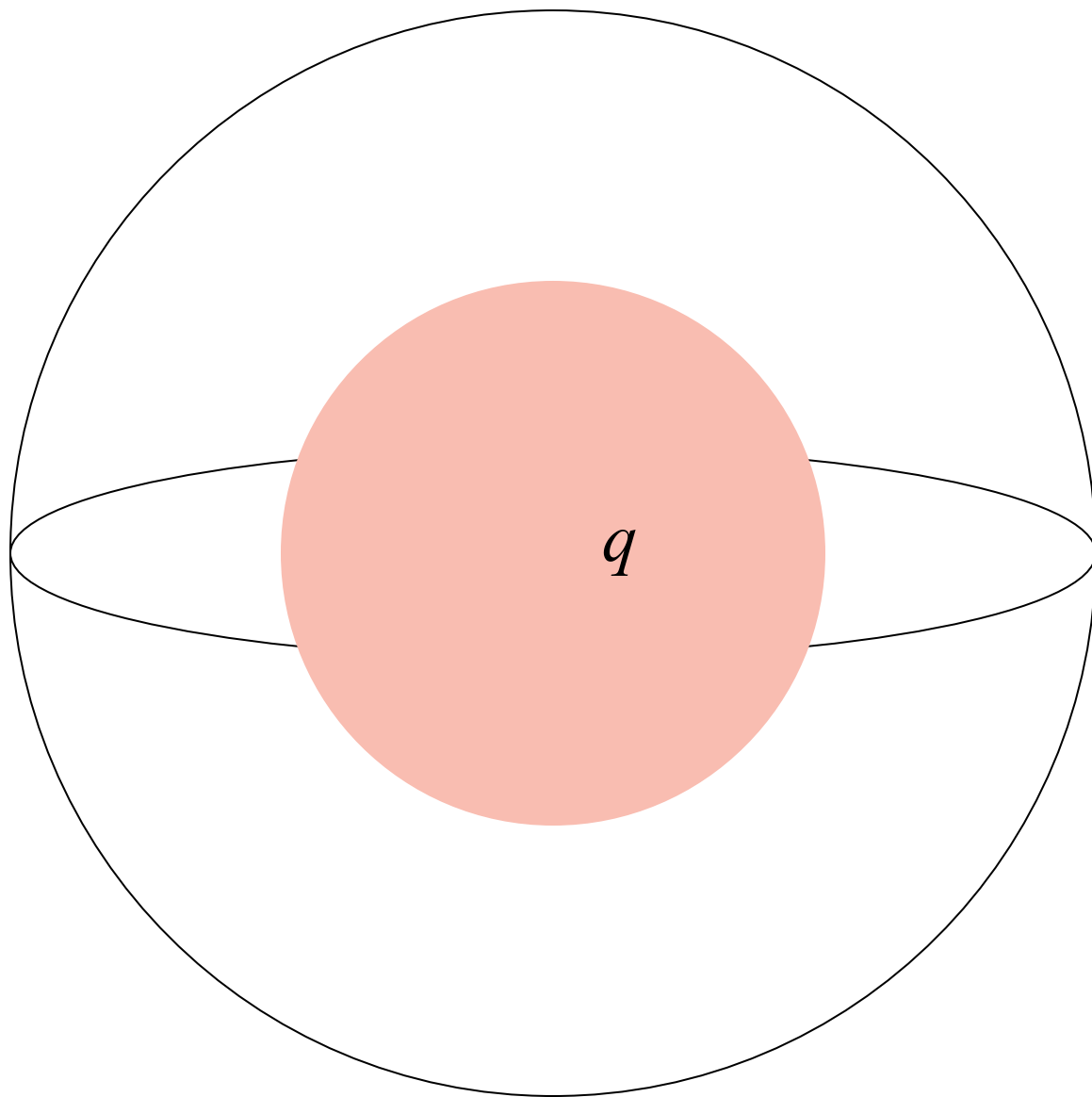
$$\varphi_i = \varphi_j \neq 0$$

$$\varphi = \text{const}$$

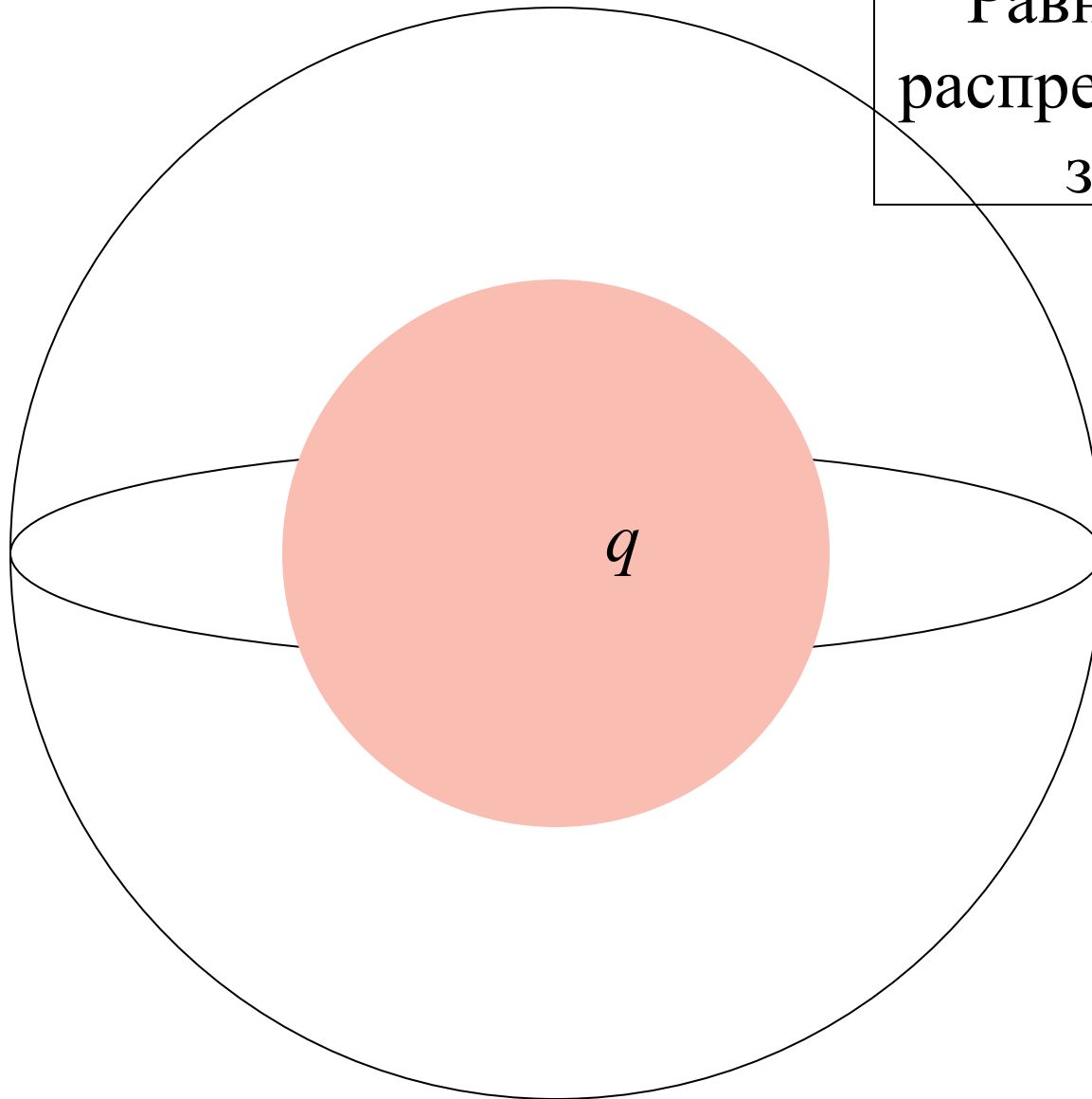


Вывод (следствие): сфера радиуса R –
эквипотенциальная поверхность
электрического поля, созданного зарядом
внутри сферы

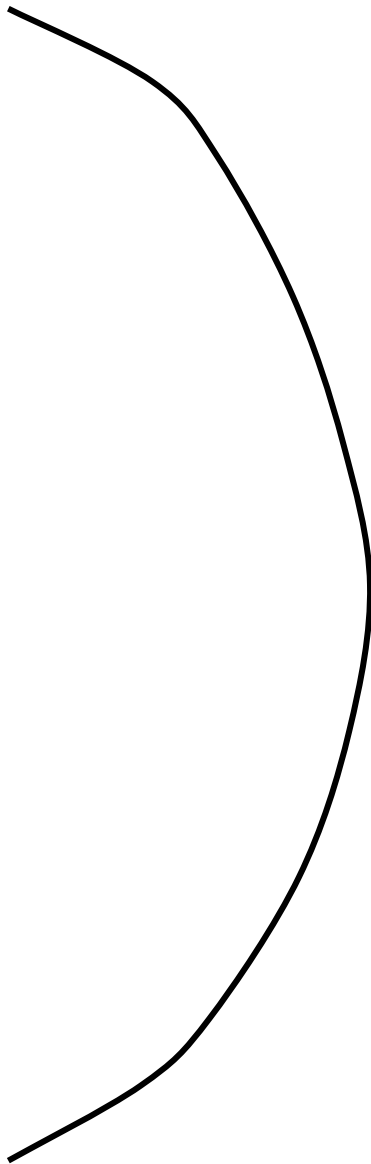
Распределение заряда – центрально-симметрично
в любой момент времени



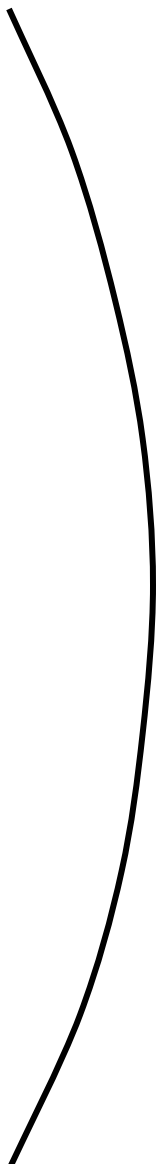
Равномерно
распределенный
заряд



$\varphi_1 = \text{const}$



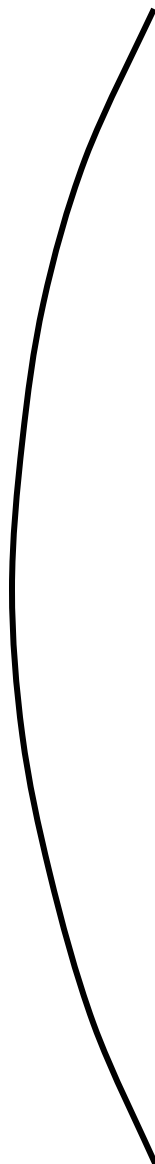
$\varphi_2 = \text{const}$



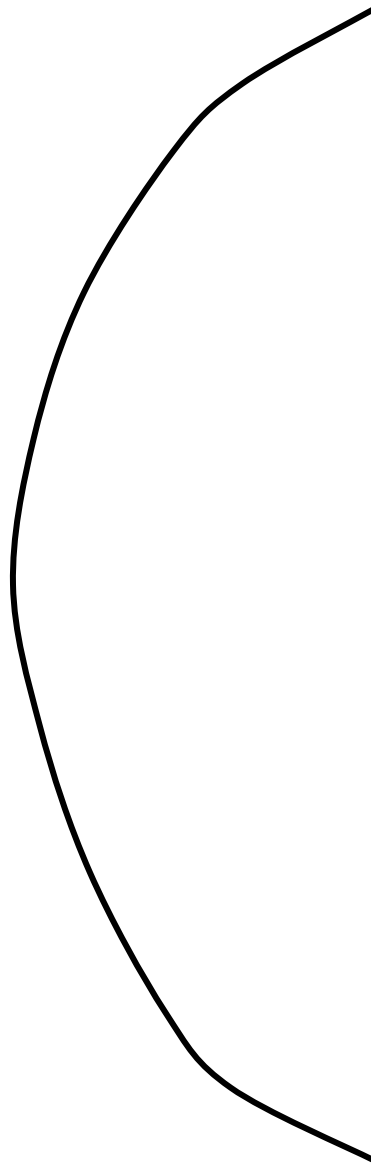
$\varphi_3 = \text{const}$



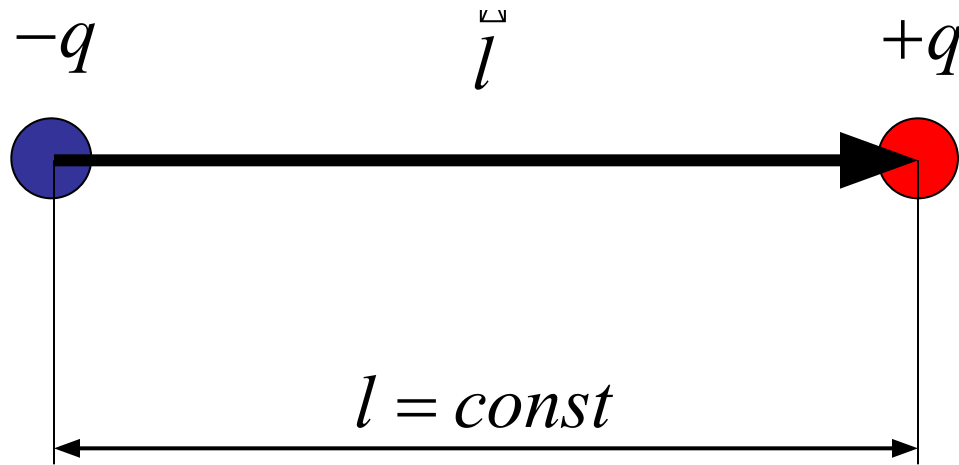
$\varphi_i = \text{const}$



$\varphi_n = \text{const}$

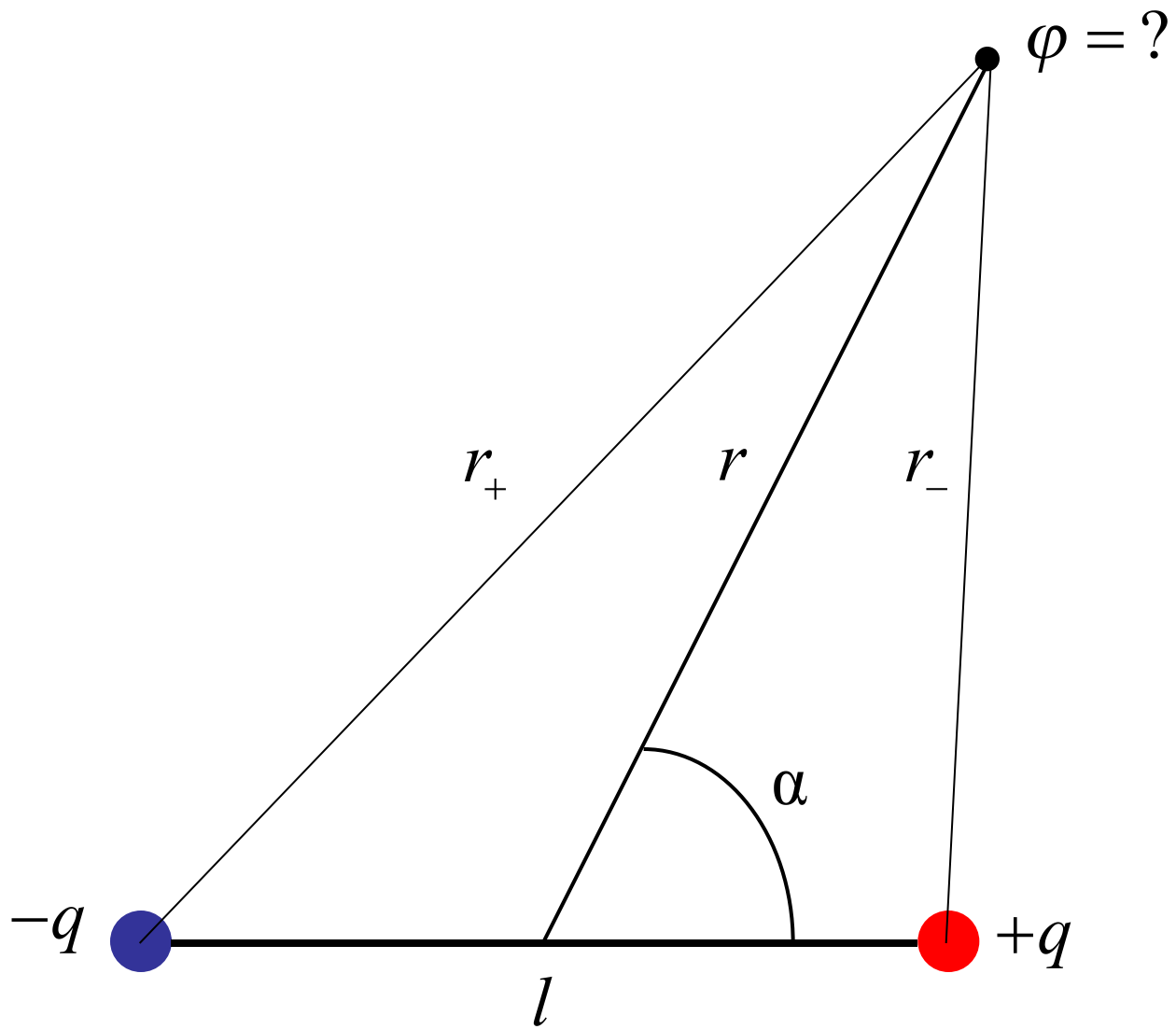


Электрический диполь



Электрический момент диполя:

$$\vec{p}_e = |q| \vec{l}$$



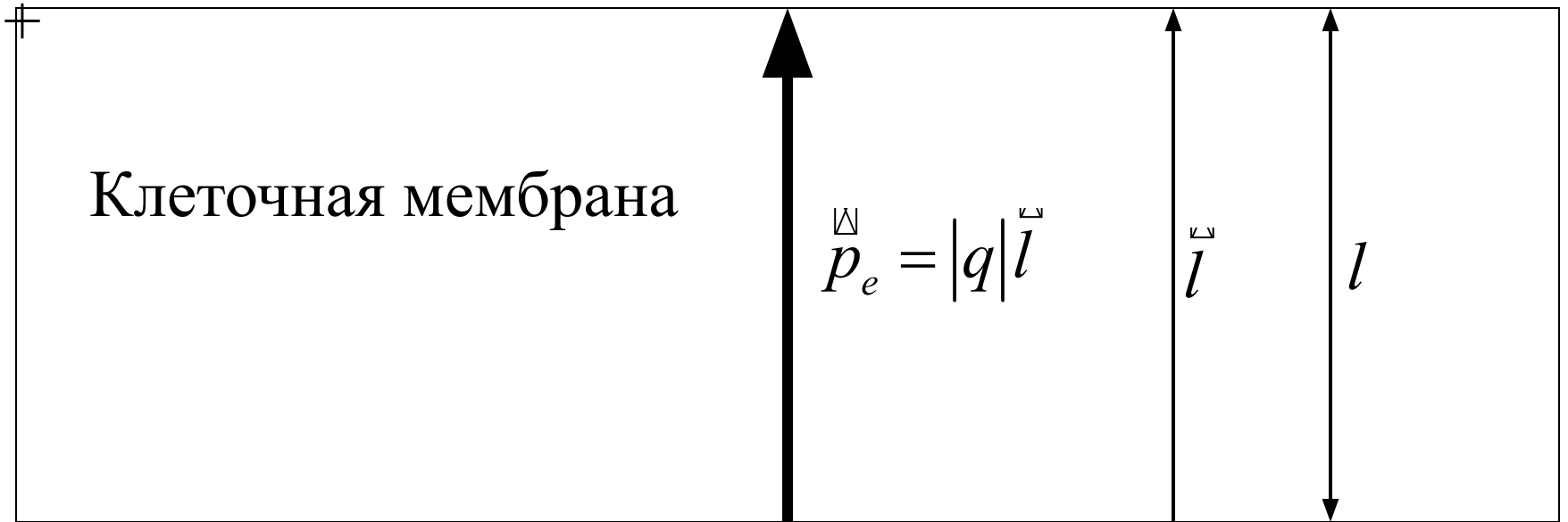
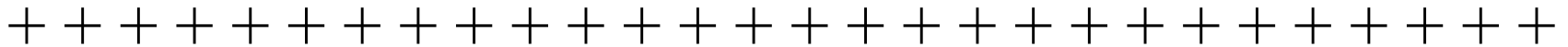
$$\varphi = \frac{p_e}{4\pi\epsilon_0 r^2} \cos\theta$$

Почему диполь?

Микрообъем (клетка в покое):

0

+ q



Клеточная мембрана

$$\vec{p}_e = |q| \vec{l}$$

\vec{l}

l

- q

i

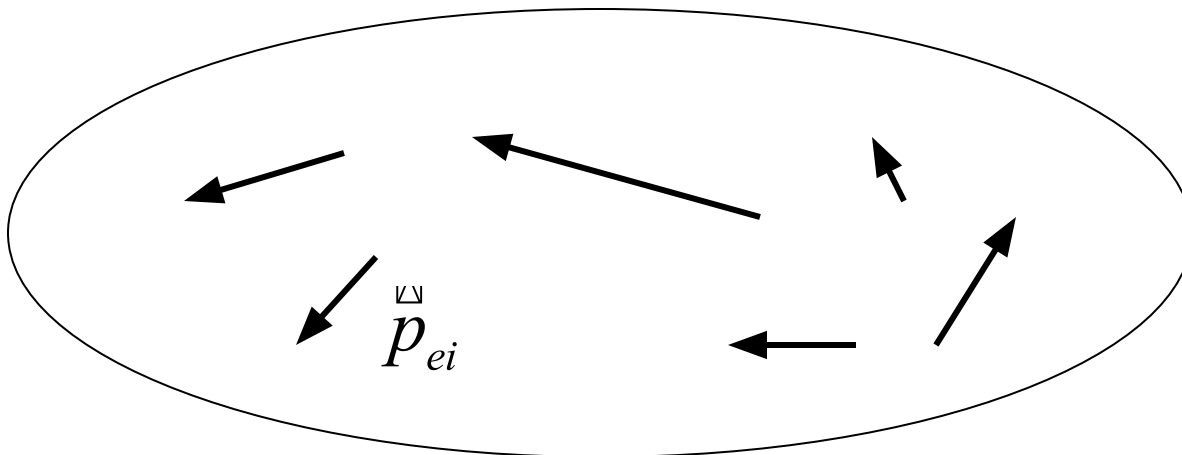
Каждая мембрана (клетка) \rightarrow электрический диполь

Направление + модуль:



Макрообъем = Σ микрообъемов:

В момент времени t дипольные моменты микрообъектов:



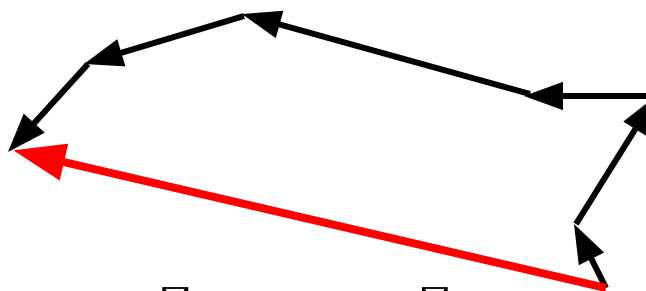
Суммарный дипольный момент макрообъекта:

$$\vec{p}_{e\Sigma} = \sum_1^n \vec{p}_{ei}$$

Макрообъект = орган (отдел органа)

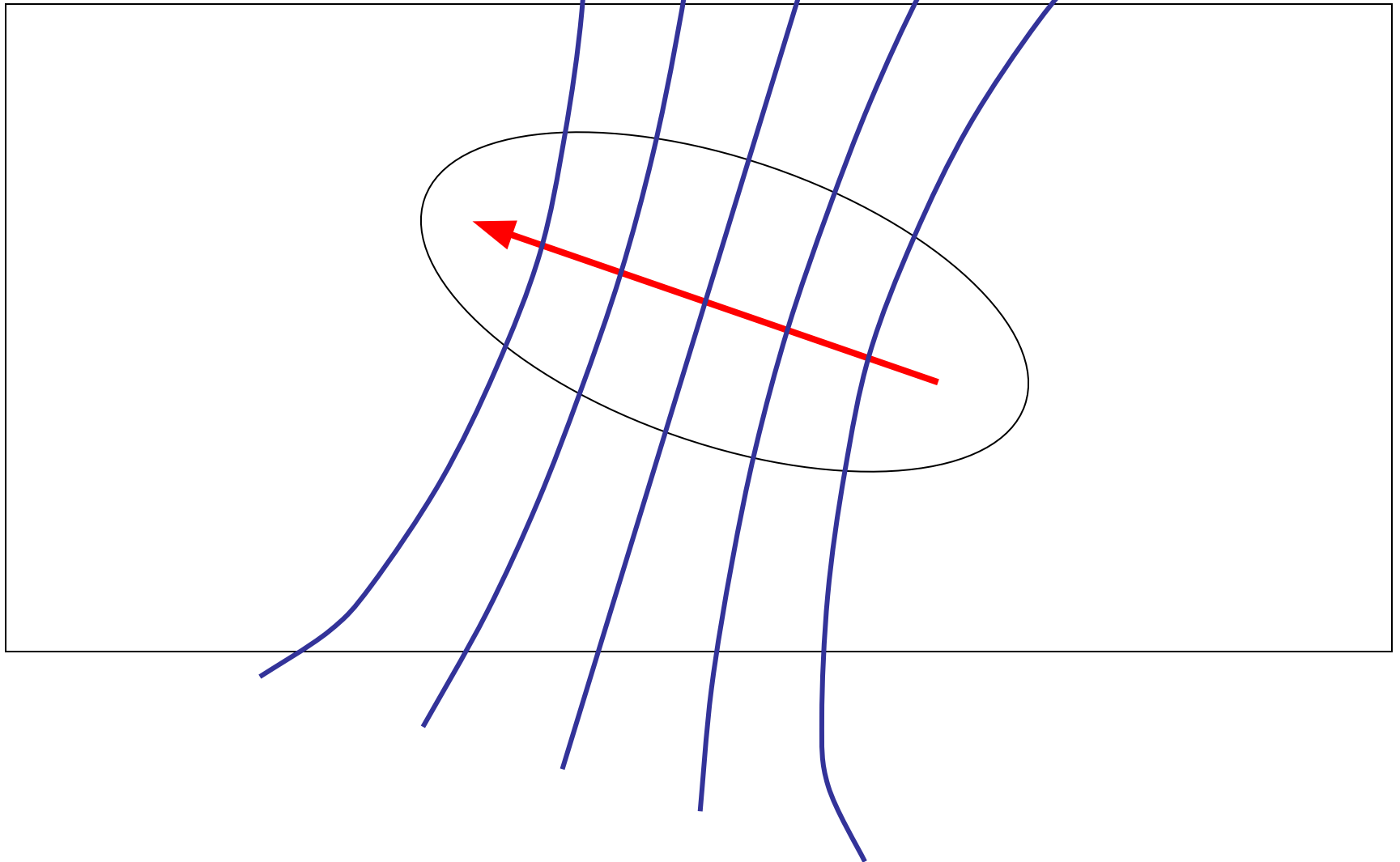
Электрическая характеристика макрообъекта – его суммарный электрический дипольный момент

В стационарном состоянии:

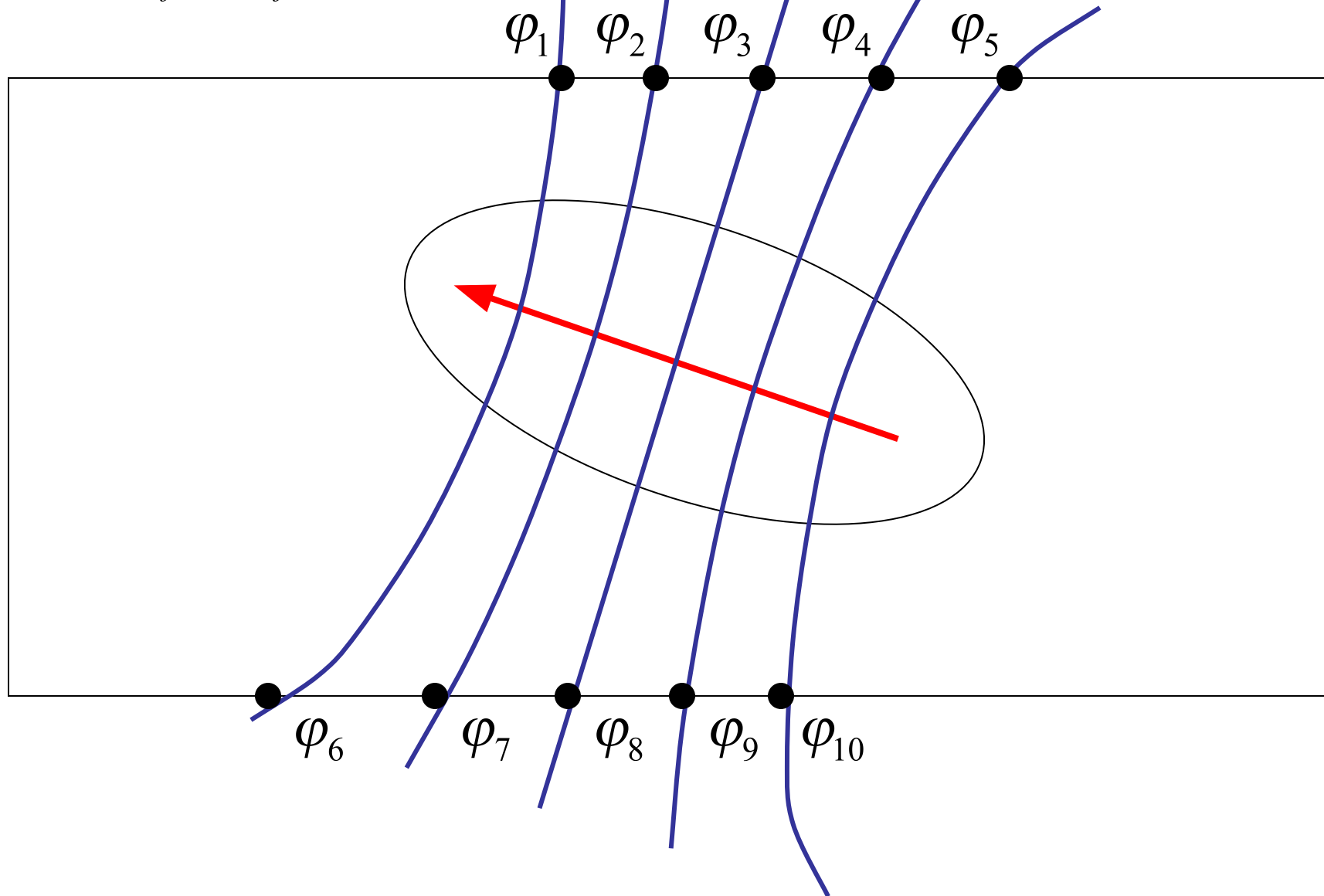


$$\vec{p}_{e\Sigma} = \sum_1^n \vec{p}_{ei}$$

Стационарное состояние:



$$\Delta\varphi_{ij} = \varphi_j - \varphi_i$$

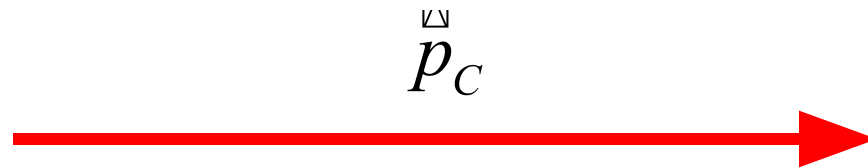


Обратная задача: по разностям потенциалов между парами точек определить положение и форму в пространстве источника электрического поля и его количественную характеристику

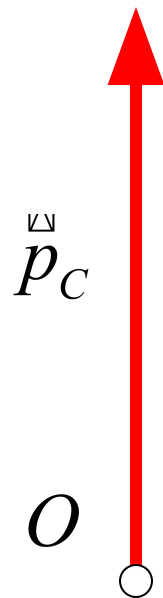
Модель Эйнтховена:

регистрация электрогенерирующей деятельности
сердца

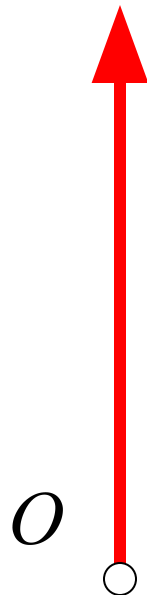
1. Сердце – объект с электрическим дипольным моментом

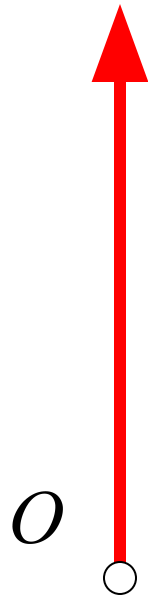


2. Точка приложения сердечного диполя O не меняет своего положения в пространстве



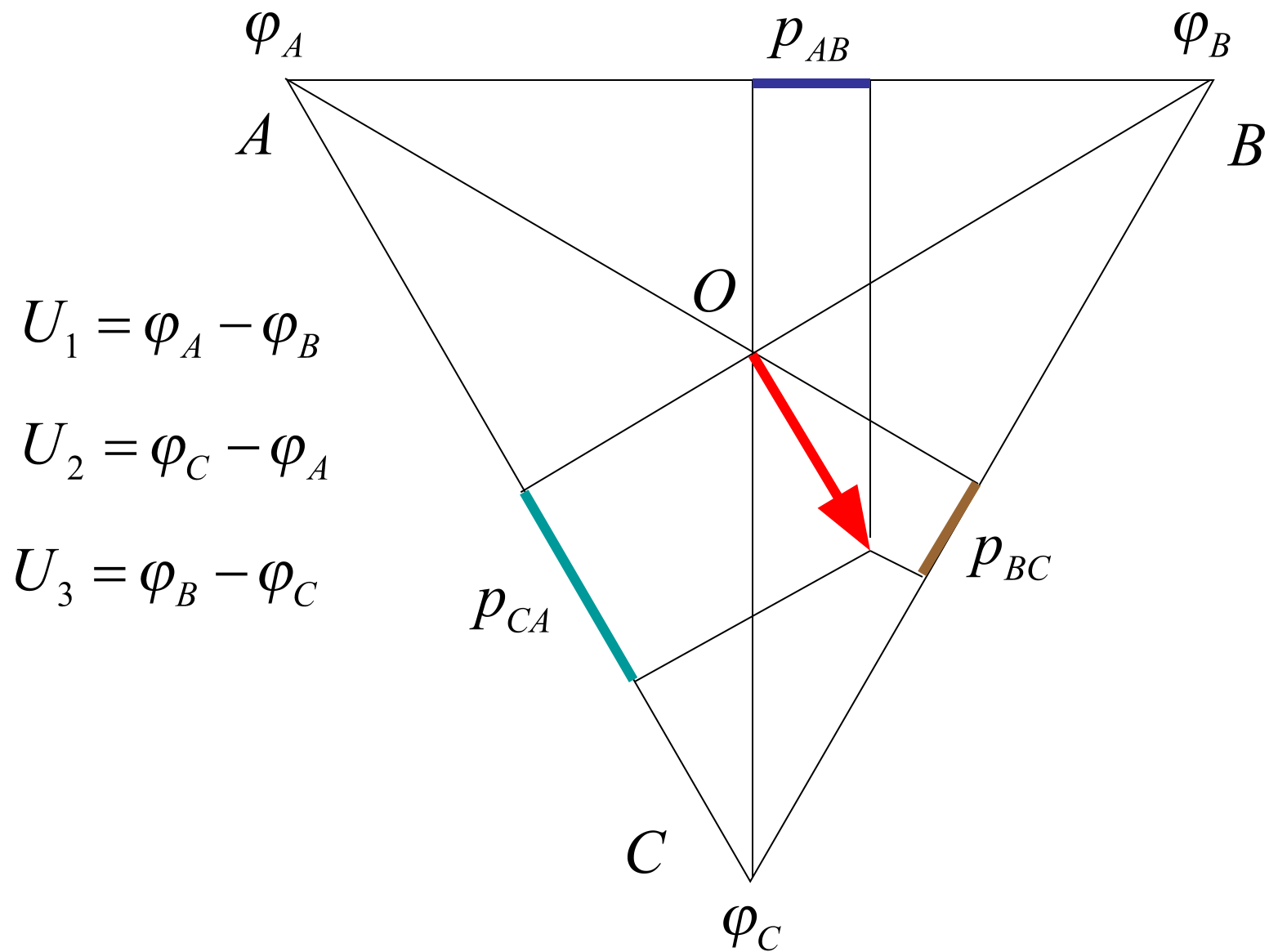
3. Диполь изменяет во времени свое значение (модуль)
и ориентацию в пространстве



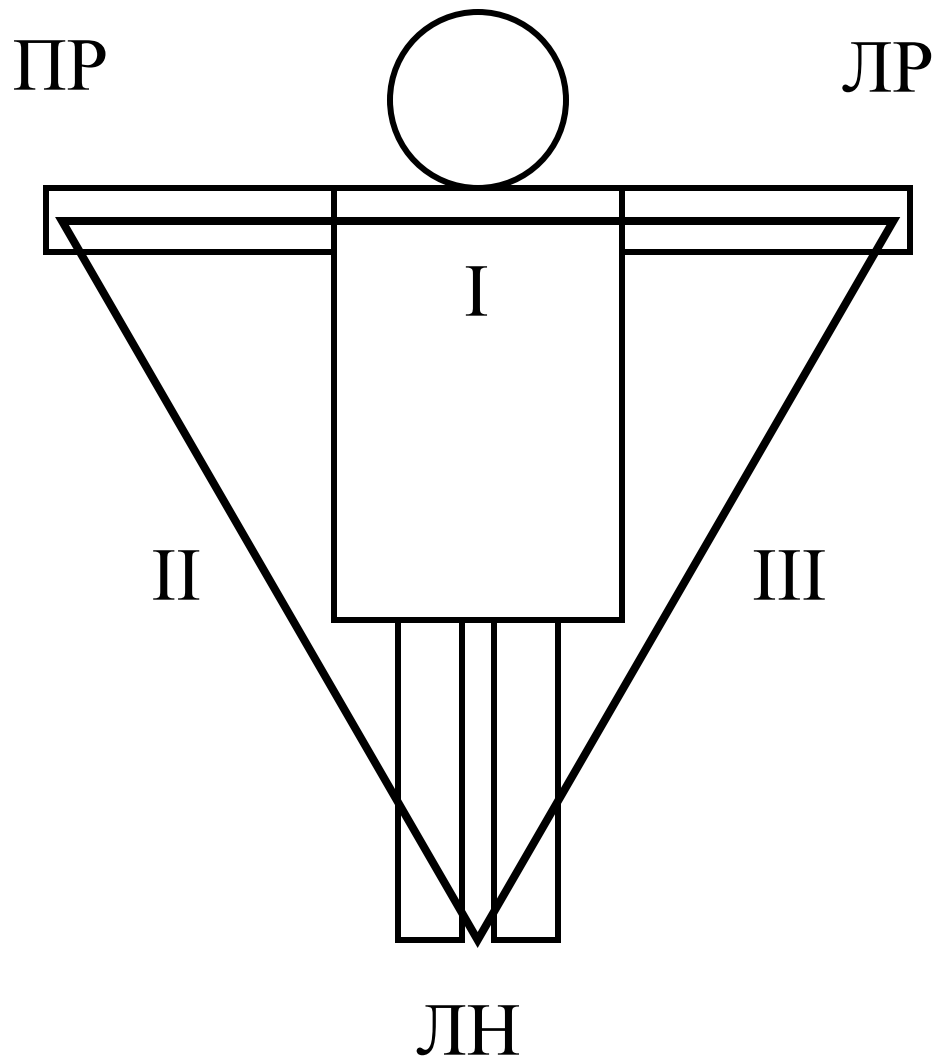


4. Регистрируются попарно разности потенциалов
между тремя точками

Точки – вершины равностороннего треугольника



$$U_1 : U_2 : U_3 = p_{AB} : p_{CA} : p_{BC}$$

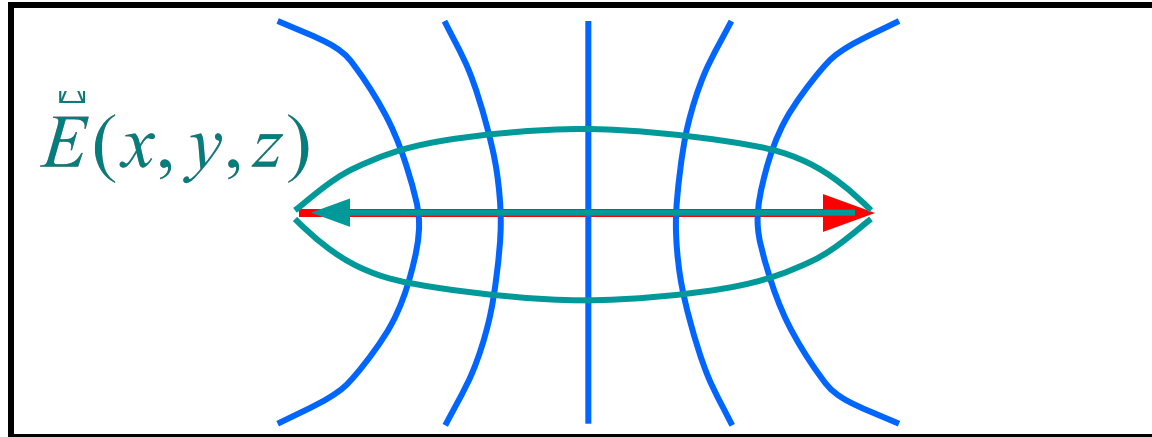


$$\varphi = \frac{\rho_e}{4\pi\epsilon\epsilon_0 r^2} \cos \alpha \quad - \text{ для непроводящей среды}$$

Тело – раствор электролита (проводник 2-го рода)

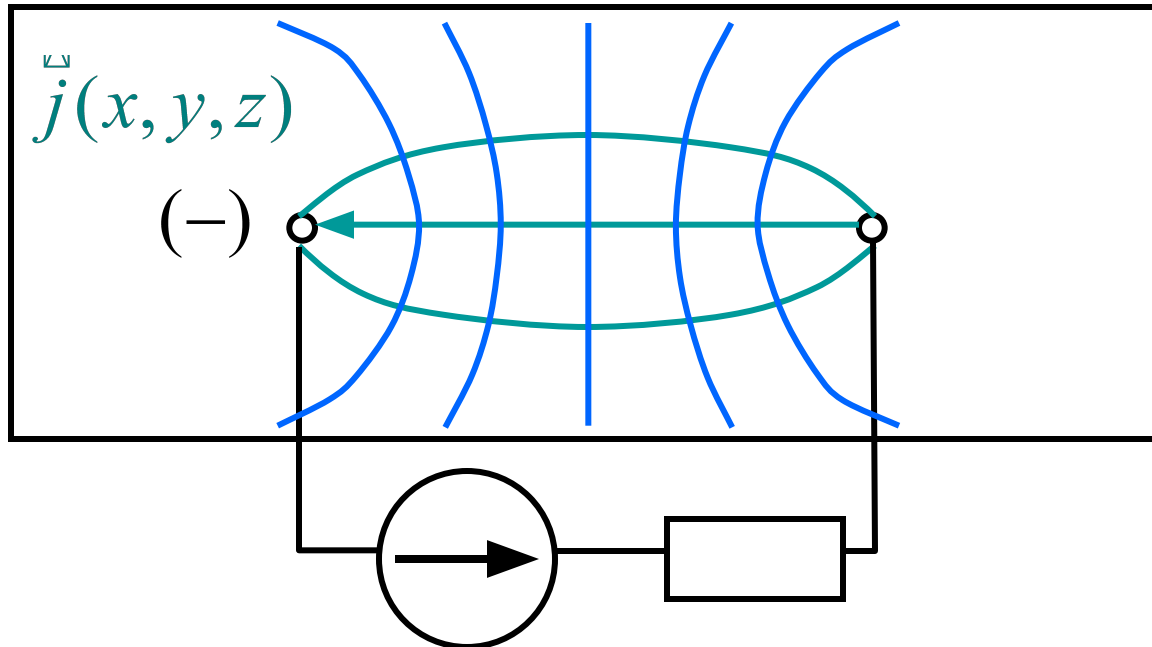
$$\gamma = \frac{1}{\rho}$$

Диэлектрик



$$p_e = ql$$

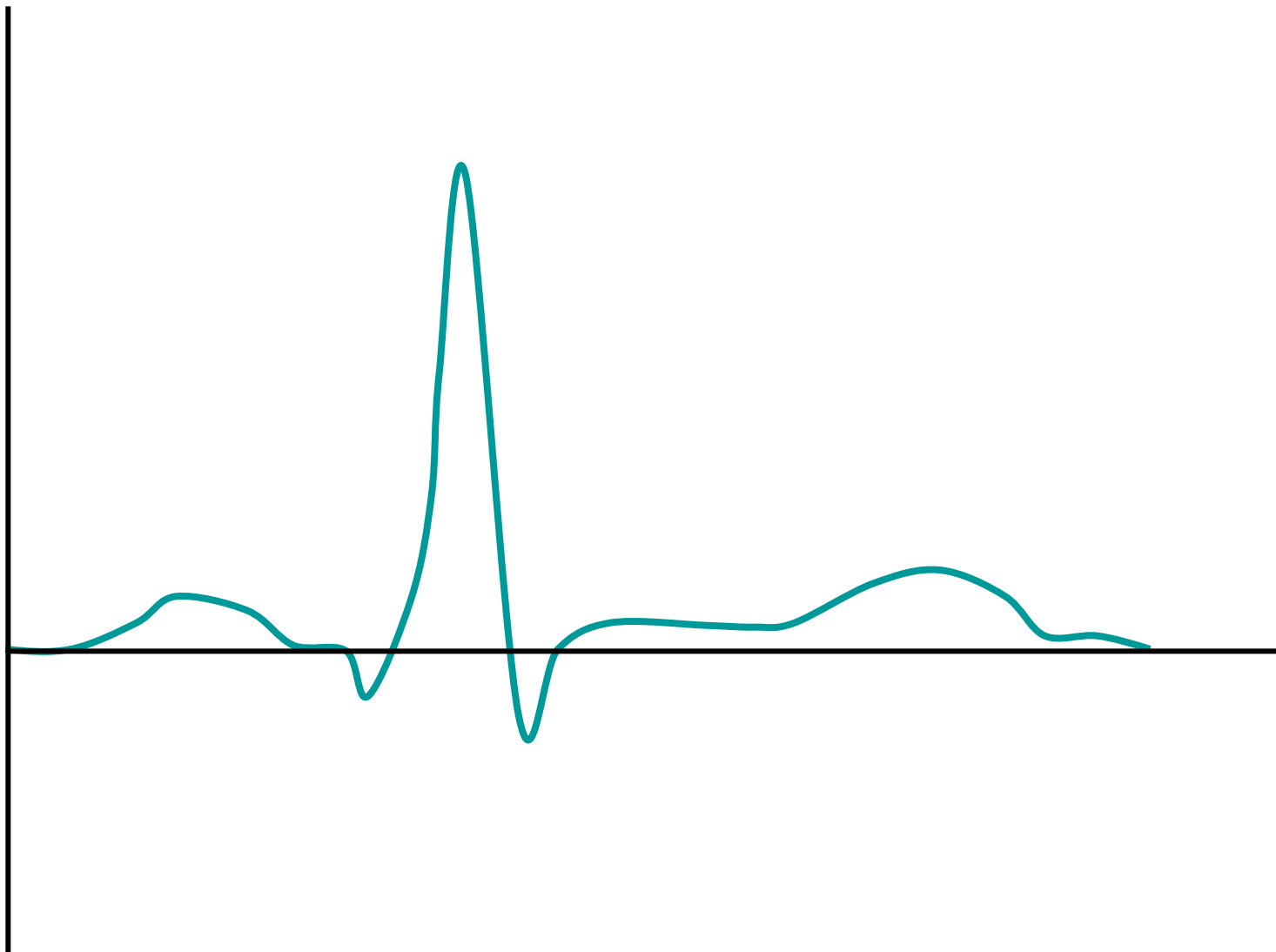
Проводящая среда



$$\varphi = \frac{\rho_e}{4\pi\epsilon\epsilon_0 r^2} \cos \alpha \quad \text{— для непроводящей среды}$$

— для проводящей среды

Электрокардиограмма



Результаты расшифровки

Для всех отведений:

Для одного (3) отведения:

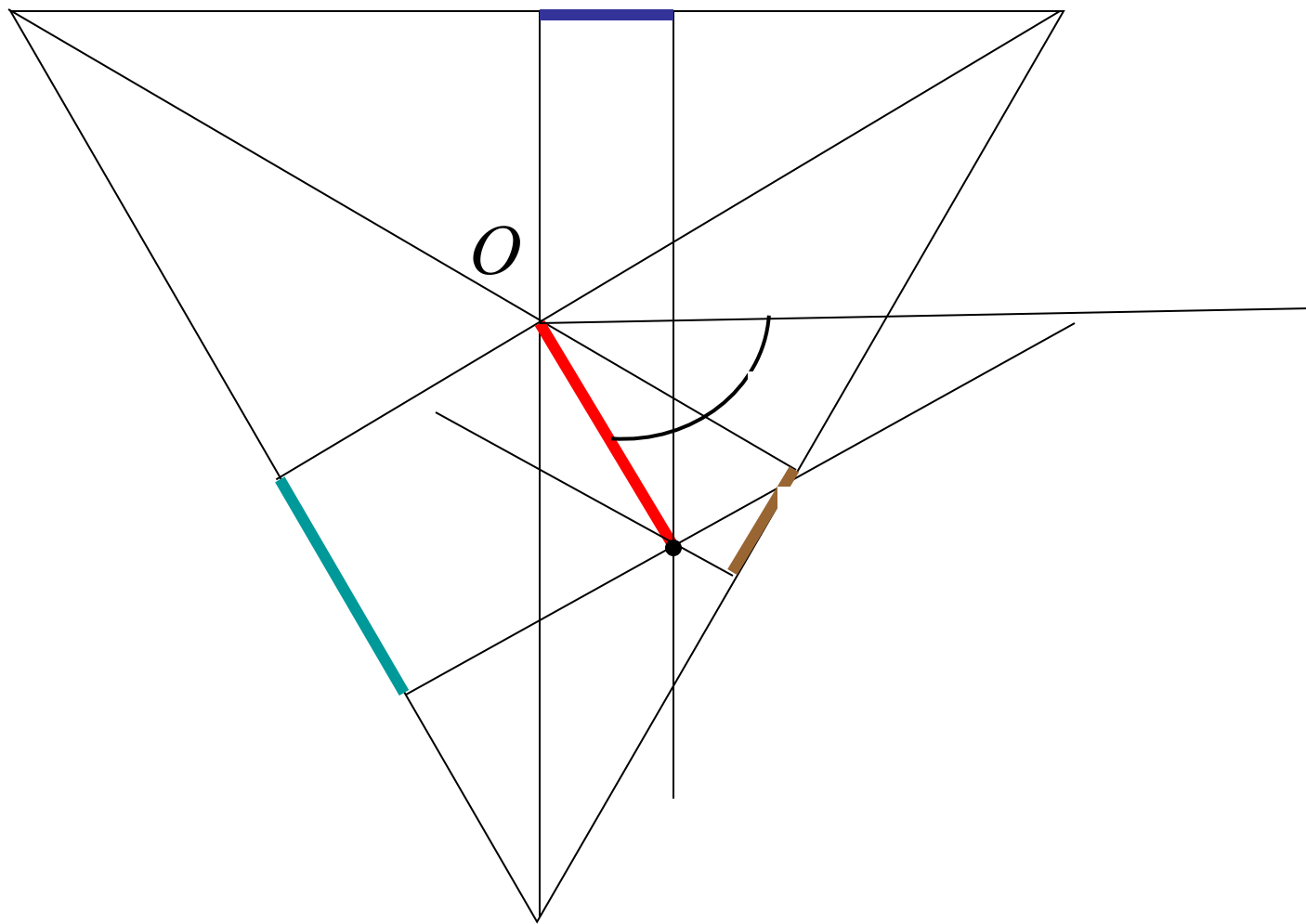
Норма

Норма

Определение положения средней электрической оси сердца (ЭОС)

Это проекция среднего результирующего вектора
(векторного комплекса) QRS на фронтальную плоскость

В норме ЭОС соответствует анатомической оси сердца



Достаточно два отведения:

Сложения *алгебраические!*

Важны не абсолютные значения O_1X_1 и O_3X_3 ,
а отношение:

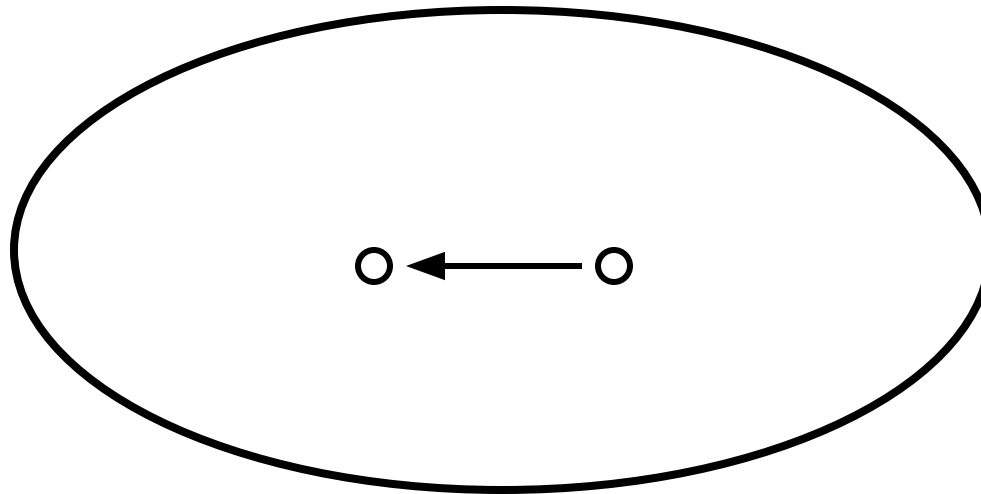
Электромиография – регистрация электрической
активности мышц

Электроэнцефалография – регистрация
биоэлектрической активности мозга

Активные свойства биологических тканей

Моделируются «внутренними» токовыми генераторами

Магнитное поле



Магнитное поле

Магнитография

Общие выводы:

1. Живые ткани – источники электрических потенциалов
2. Регистрация биопотенциалов – простой метод диагностики (электрографии)
3. По временному и пространственному распределению потенциала судят о функциональном состоянии органов