



**ЭЛЕКТРОПОВЕРХНОСТНЫЕ ЯВЛЕНИЯ  
СТРОЕНИЕ ДВОЙНОГО  
ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СЛОЯ  
ЛЕКЦИЯ №7**

# *Электрокинетические свойства*

- ***Электрокинетическими явлениями*** называют перемещение одной фазы относительно другой в электрическом поле и возникновение разности потенциалов при течении жидкости через пористые материалы или при оседании частиц.

# Электрокинетические явления

- Обусловлены наличием заряда у частиц д. ф. и противоположного заряда д. с.
- Существует два вида:

I рода:

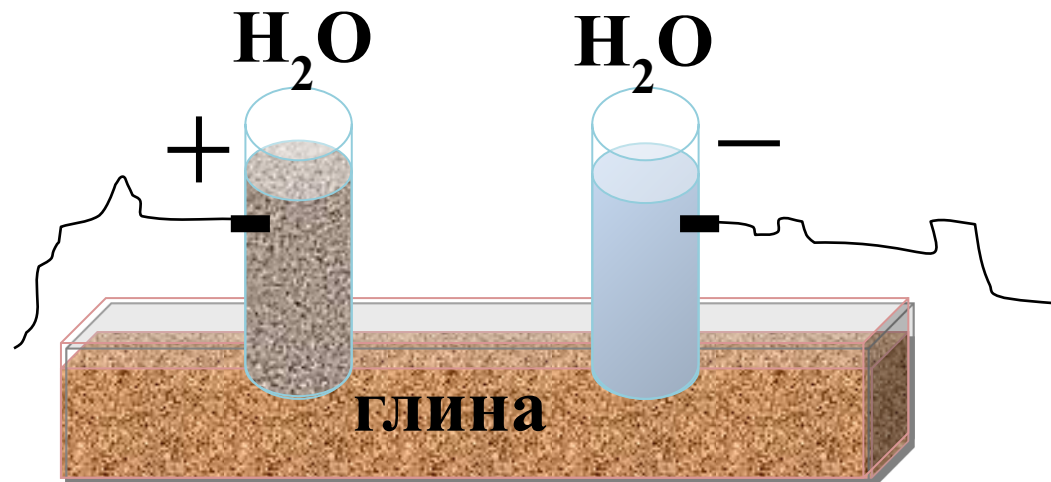
• Электрофорез  
• Электроосмос

II рода:

• Эффект Дорна  
• Эффект  
Квинке

# Электрофорез

1809 г. **Ф.Ф. Рейсс** изучал электрофорез на глине.

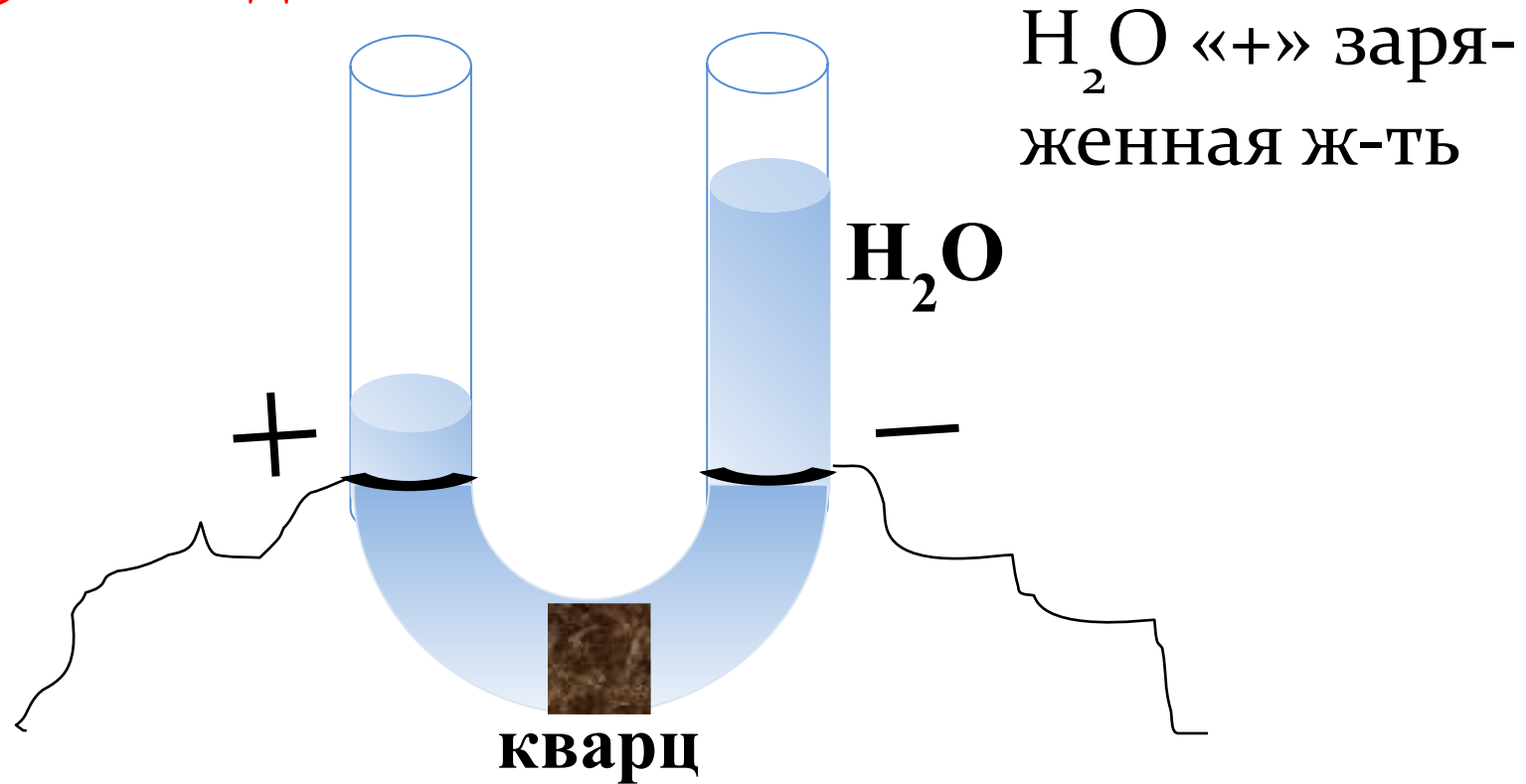


Д. ф. заряжена «-»: кремнезём  $[m\text{SiO}_2] \cdot n\text{SiO}^- \cdot (n - x)\text{H}^+ ]^{x-} \cdot x\text{H}^+$ .

**Электрофорез** – перенос коллоидных частиц в электрическом поле.

# Электроосмос

1852 г. Видеман



**Электроосмос** – это течение жидкости через капиллярные системы под влиянием разности потенциалов.

# Эффект Дорна

- **Эффект Дорна** или **потенциал седиментации (1878г.)** – явление возникновения разности потенциалов между двумя электродами при оседании дисперсной фазы.

# Эффект Квинке

- **Эффект Квинке** или **потенциал протекания** (1859 г.) – возникновение разности потенциалов при течение воды и водных растворов через разнообразные пористые материалы под действием перепада давлений.

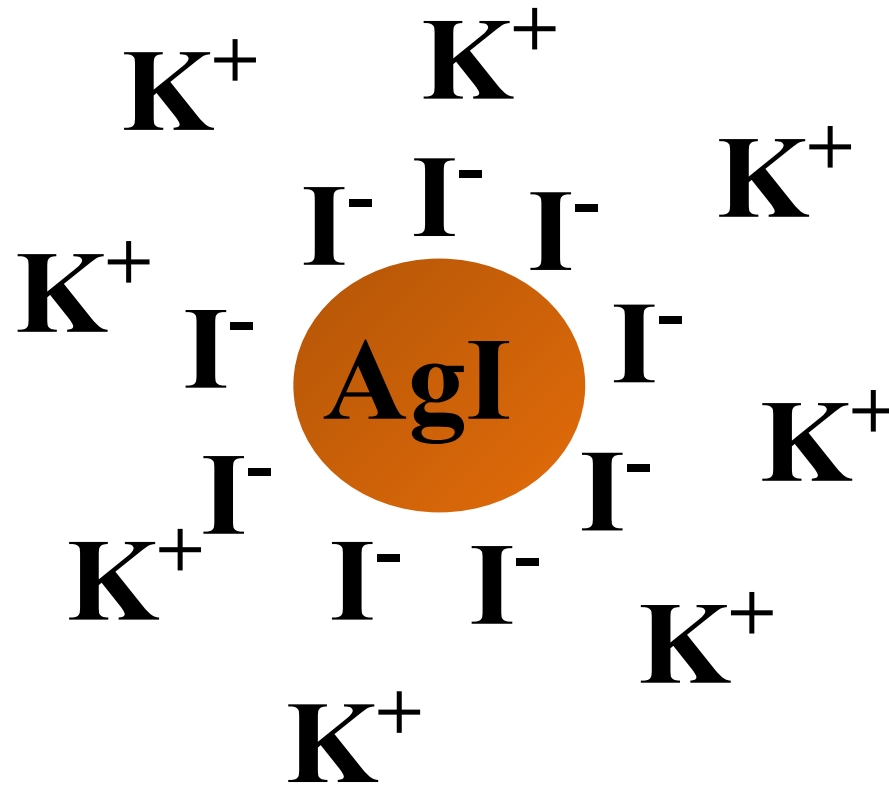
# ДЭС

Возникает в результате двух причин:

- - или в результате избирательной адсорбции одного из ионов электролита;
- - или за счет ионизации поверхностных молекул вещества.

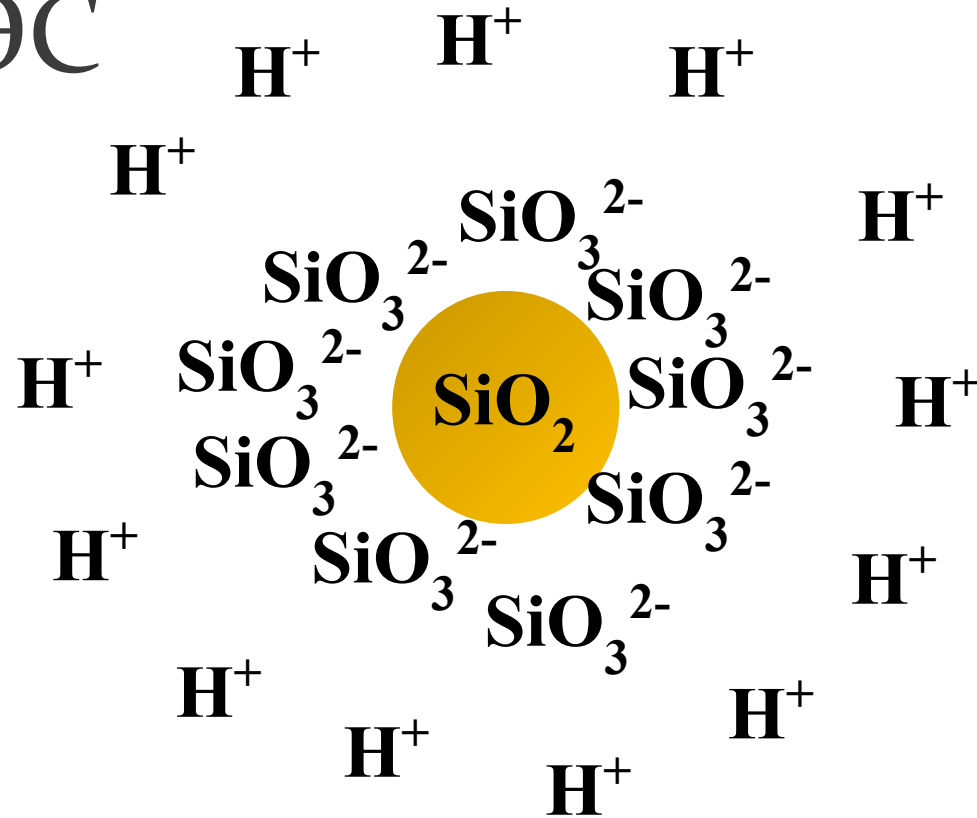


ДЭС



ДЭС в результате избирательной адсорбции одного из ионов электролита.

ДЭС



ДЭС за счет ионизации  
поверхностных молекул вещества.

# *Строение двойного электрического слоя*

Существует несколько моделей:

- *Модель Гельмгольца-Перрена*
- *Модель Гуи-Чэпмена*
- *Модель Штерна*

## Модель Гельмгольца-Перрена

- **ДЭС** – это два близко расположенных слоя ионов: один на поверхности (потенциалопределяющие ионы), другой – в растворе на расстоянии удвоенного радиуса ионов (противоионы), в целом система электронейтральна, является как бы плоским конденсатором.

# Модель Гельмгольца-Перрена

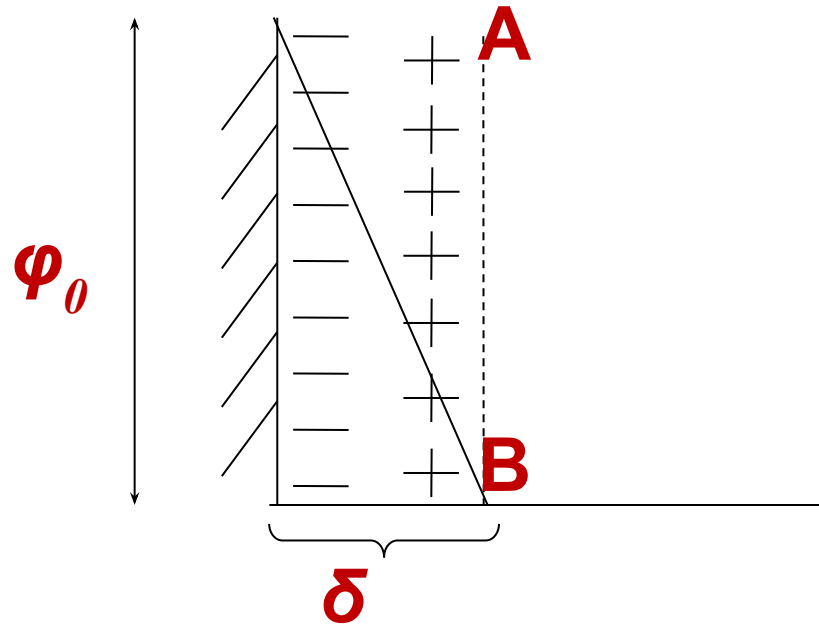


Рис. Схема ДЭС по Гельмгольцу-Перрену и соответствующий скачок потенциалов.

# Модель Гельмгольца-Перрена

ДЭС является как бы плоским конденсатором.

$$\varphi_0 = \frac{q}{C}$$

где  $\varphi_0$  – разность потенциалов между дисперсной фазой и дисперсионной средой;

$q$  – поверхностный заряд;

$C$  – емкость конденсатора:  $C = \frac{\varepsilon\varepsilon_0}{\delta}$  ;

$\varepsilon$  – диэлектрическая проницаемость дисперсионной среды;

$\varepsilon_0$  – абсолютная диэлектрическая проницаемость:

$$\varepsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12} \frac{\Phi}{\text{м}} ;$$

$\delta$  – расстояние между пластинами. Или

$$\varphi_0 = \frac{q\delta}{\varepsilon\varepsilon_0}$$

## *Модель Гельмгольца-Перрена*

### ***Недостатки теории:***

- - толщина ДЭС Гельмгольца-Перрена очень мала и приближена к молекулярным размерам;
- – невозможно определить реальный электрокинетический потенциал.

# ДЭС

- **Плоскость скольжения** (AB) – место разрыва при перемещении твердой и жидкой фазы относительно друг друга.
- **Электрокинетический потенциал** ( $\xi$  - **дзета потенциал**) – это разность потенциалов между подвижной (диффузной) и неподвижной (адсорбционной) частями двойного электрического слоя.



# *Модель Гуи-Чэпмена*

Теория ДЭС с диффузным слоем  
противоионов предложена  
независимо друг от друга **Гуи** (1910 г.)  
и **Чэпменом** (1913 г.).

# Модель Гуи-Чэпмена

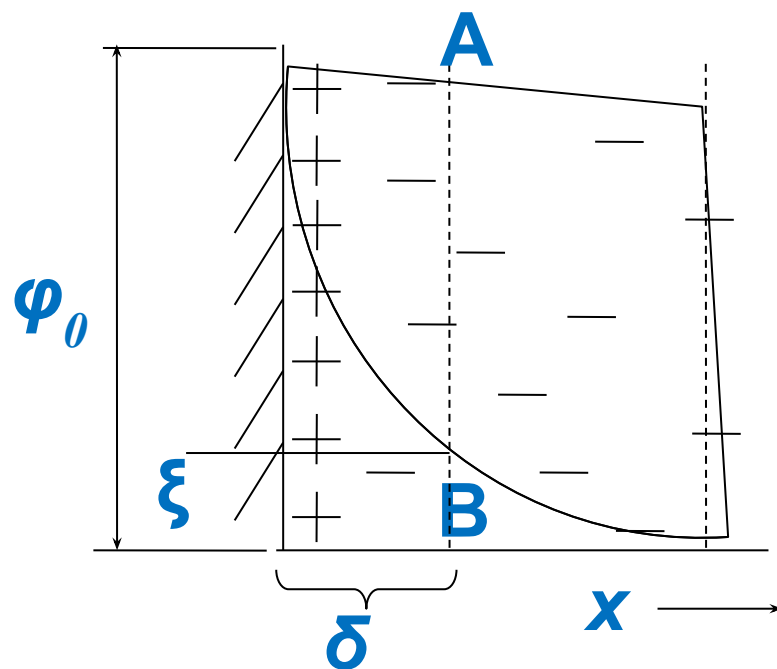


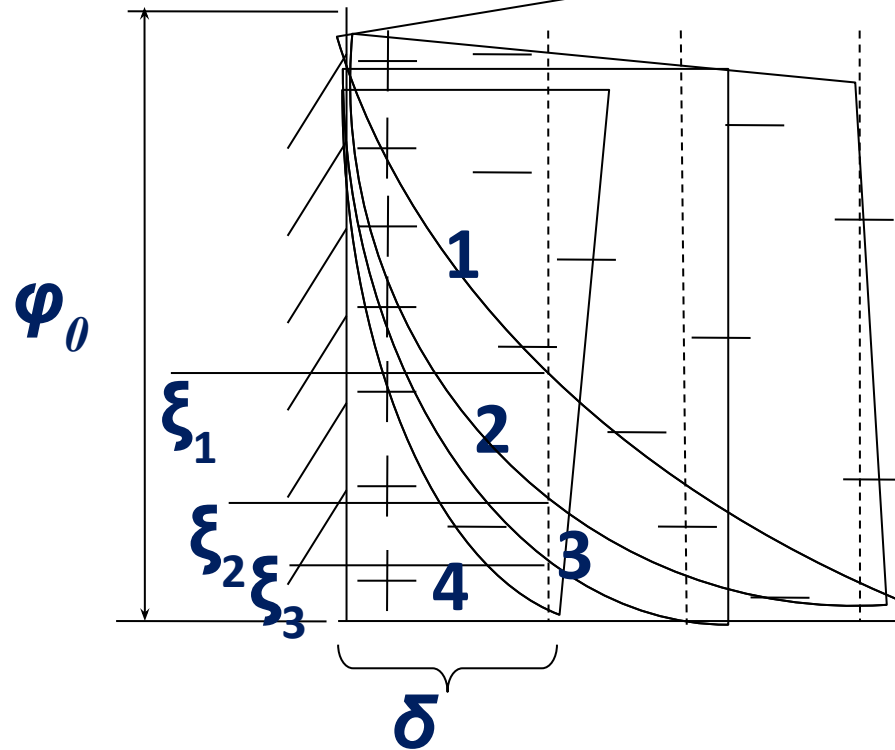
Рис. Схема ДЭС по Гуи-Чэпмену и падение в нём потенциала.

# *Модель Гуи-Чэпмена*

Величина электрокинетического потенциала зависит от:

- концентрации противоионов индифферентного электролита
- валентности противоиона

# Модель Гуи-Чэпмена



При введении в систему *индифферентного электролита* – электролита, не имеющего ионов, способных достраивать кристаллическую решетку – потенциал  $\varphi_0$  практически не изменяется.

# *Модель Гуи-Чэпмена*

- С увеличением валентности противоиона резко уменьшается  $\xi$ -потенциал.

# Модель Гуи-Чэпмена

## **Недостатки теории:**

- не принимается во внимание объем ионов;
- не объясняет явление *перезарядки* - перемены знака электрокинетического потенциала при введении в систему электролита с многовалентными ионами;
- не объясняет различного действия противоионов с одной и той же валентностью и разным радиусом на ДЭС.

## *Модель Штерна*

**1924 г. Штерн** объединил схему строения ДЭС Гельмгольца-Перрена и Гуи-Чэпмена.

# Модель Штерна

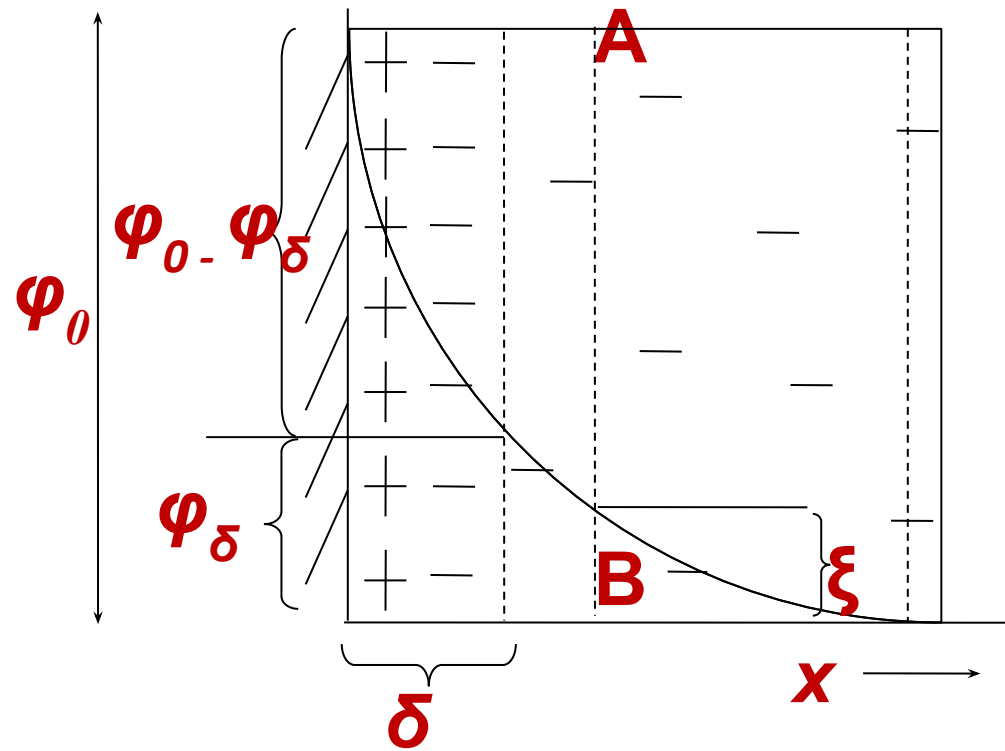


Рис. Схема ДЭС по Штерну и падение в нём потенциала.



# Модель Штерна

- Падение потенциала  $\varphi_0$  складывается из  $\varphi_\delta$  – падения потенциала в диффузном слое - и разности потенциалов между обкладками конденсатора  $\varphi_0 - \varphi_\delta$ .
- Границы скольжения не ясны, в общем случае по границе слоя Гуи.

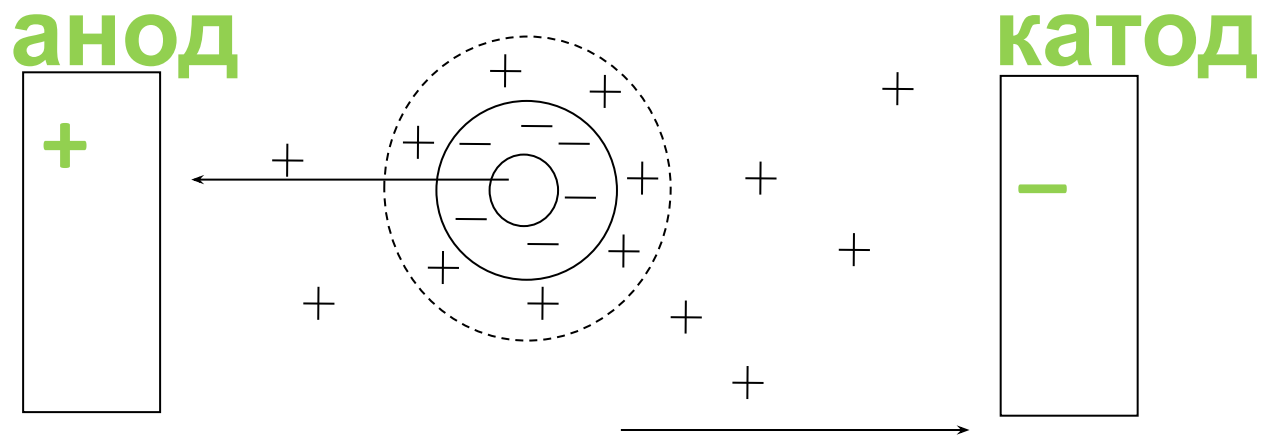
# Модель Штерна

- *Зависимость электрокинетического потенциала от валентности противоиона* определяется адсорбционной способностью, обусловленной их поляризуемостью и гидратацией.
- *Перезарядка ДЭС:* многовалентные электроны могут втягиваться в слой Гельмгольца из-за сильных электрических взаимодействий. Потенциал  $\varphi_0$  не изменяется

# Электрокинетический потенциал

Направленное перемещение частиц дисперсной фазы под действием электрического поля.

Происходит разрыв ДЭС по плоскости скольжения.



*Линейная скорость (U)* – движение частиц относительно мембраны при электроосмосе и движение частиц при электрофорезе:

$$u = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 E \xi}{\eta} \quad - \text{уравнение Гельмгольца-Смолуховского}$$

где  $\eta$  - вязкость.

$$u = [\text{м/с}].$$

При движении частиц дисперсной фазы они вынуждены взаимодействовать с противоионами дисперсионной среды, что вызывает **электрофоретическое торможение**:

$$u_{\text{эф}} = \frac{u}{E}$$

$$u_{\text{эф}} = [m^2/c \cdot V]$$