



**ФГБОУ ВО**

**«Красноярский государственный медицинский университет  
имени профессора В.Ф. Войно-Ясенецкого»  
Министерства здравоохранения Российской Федерации**

**Кафедра биологической химии с курсами медицинской, фармацевтической и  
токсикологической химии**

# **ФИЗИЧЕСКАЯ И КОЛЛОИДНАЯ ХИМИЯ**

**К.х.н., доцент Ендржиевская –Шурыгина  
Виктория Юлиановна**



**ЛЕКЦИЯ № 13 по дисциплине «Физическая и коллоидная химия» для студентов 2 курса, обучающихся по специальности 33.05.01 - Фармация**

# **Электрокинетические явления**



## План

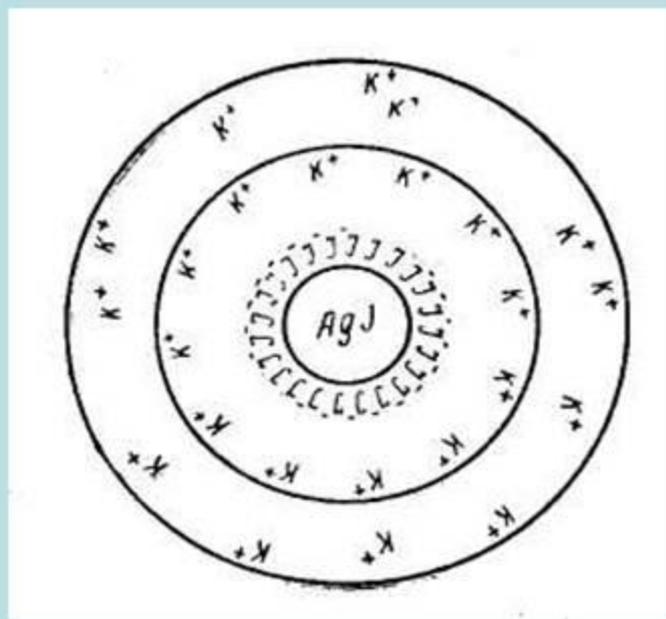
1. Теории строения двойного электрического слоя. Потенциалы ДЭС
2. Электрокинетические явления
3. Литература

**Теории строения  
двойного  
электрического слоя.  
Потенциалы ДЭС**

**Электрический  
заряд коллоидных  
частиц.**

**Электрокинетические  
явления**

## Строение коллоидных мицелл



**Мицелла** – частица дисперсной фазы вместе с ДЭС.

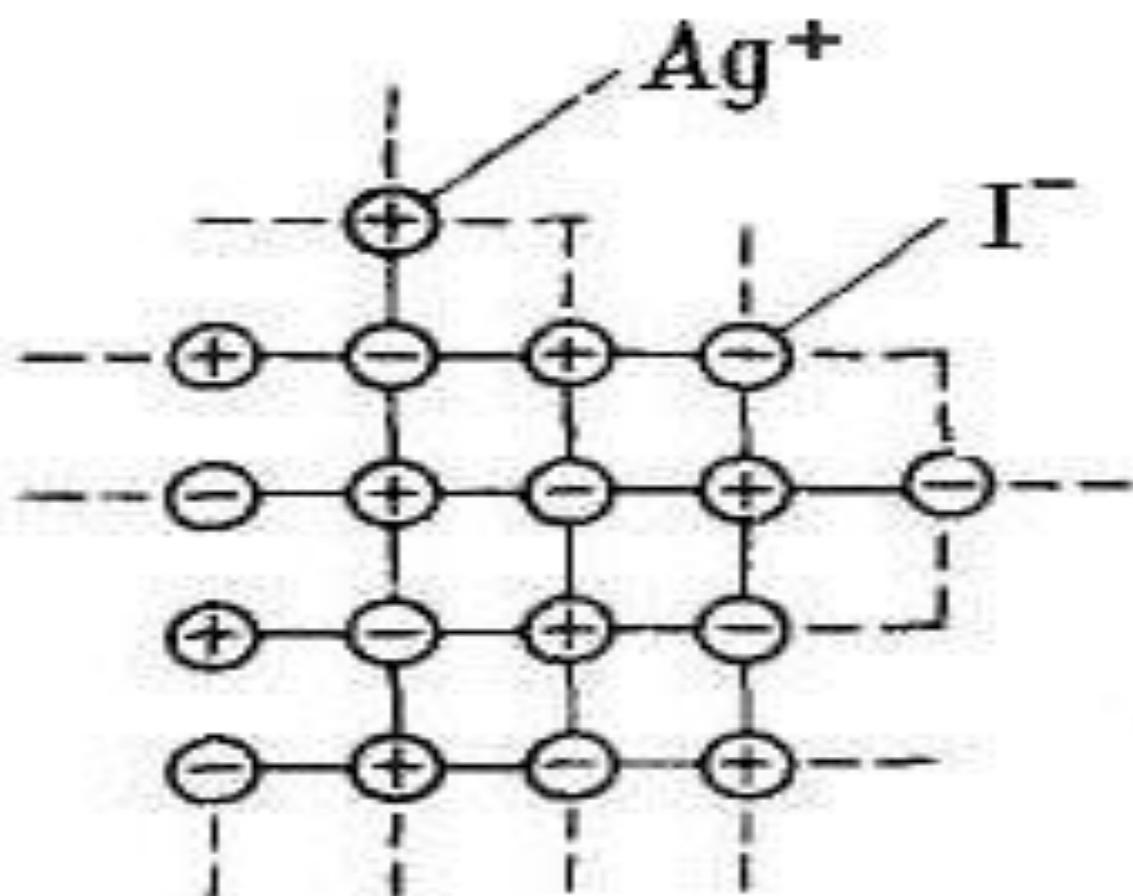
Внутренняя часть мицеллы – **агрегат**, состоящий из большого числа молекул или атомов м.р.с.

Агрегат электронейтрален, но адсорбирует на своей поверхности ионы из раствора – **ПОИ**.

### **Правило Фаянса-Пескова:**

«На твердой поверхности агрегата в первую очередь адсорбируются ионы, которые:

- входят в состав агрегата;
- способны достраивать кристаллическую решетку агрегата;
- образуют малорастворимое соединение с ионами агрегата;
- изоморфны с ионами агрегата.»



*Образование ядра по типу  
кристаллической решетки*

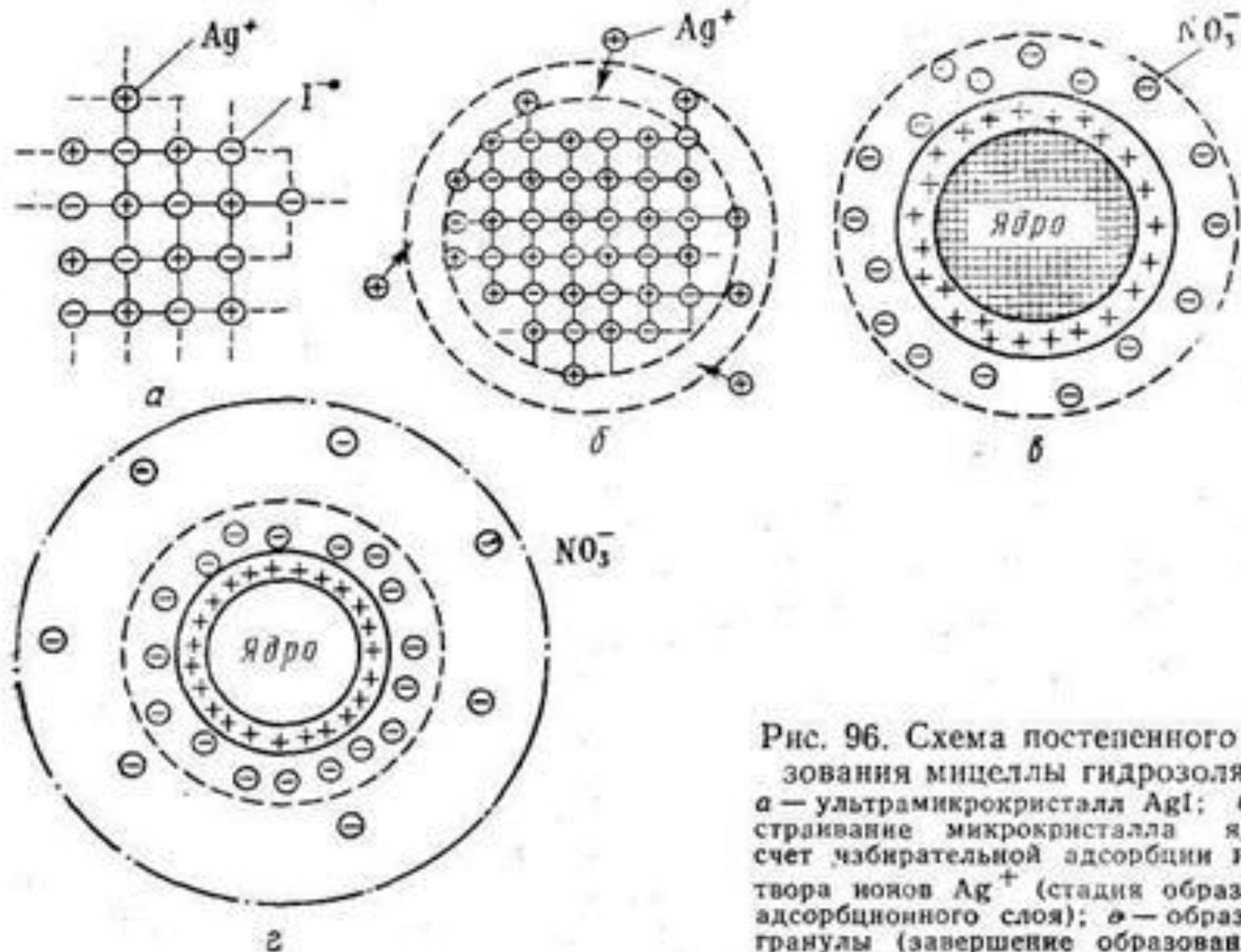


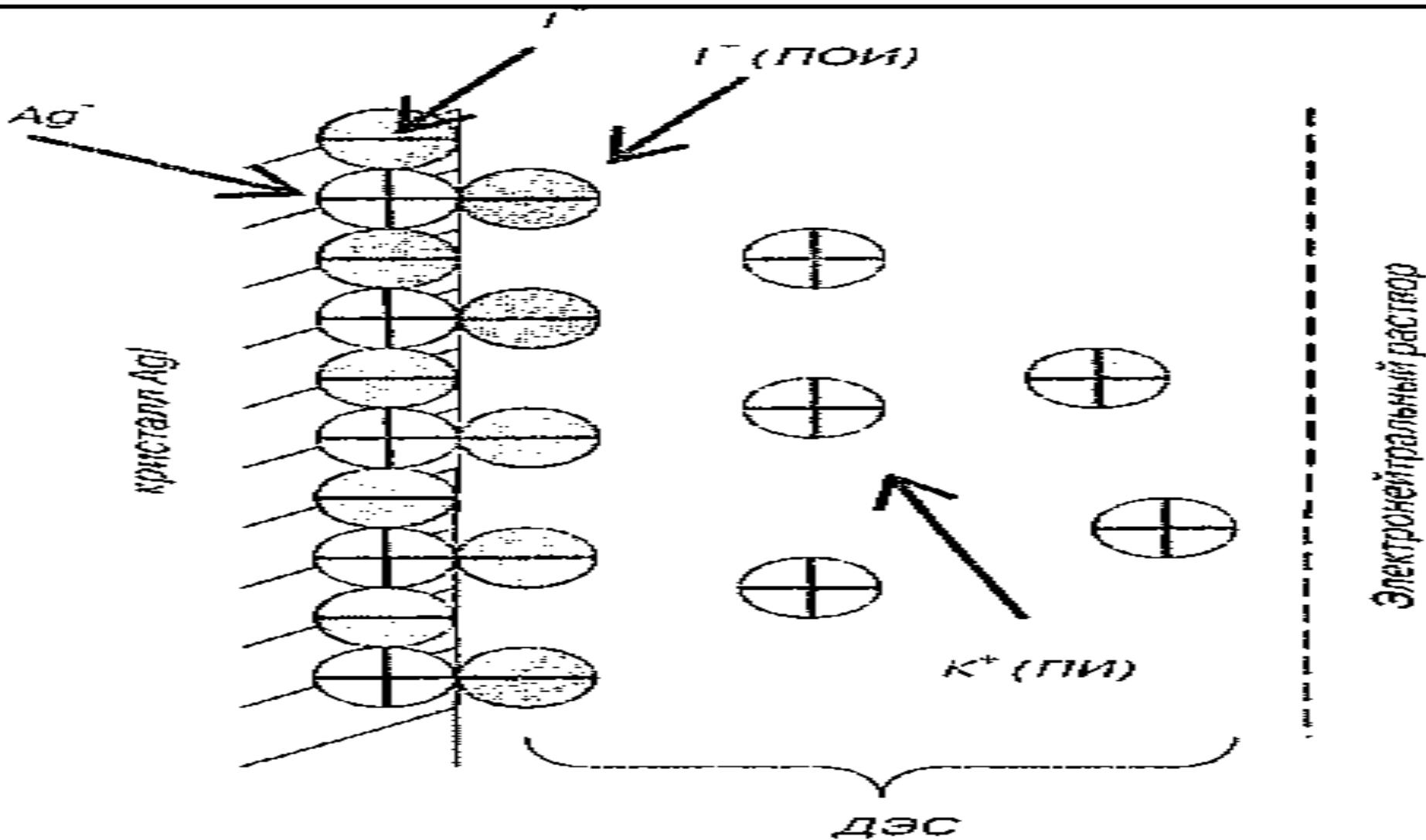
Рис. 96. Схема постепенного образования мицеллы гидрозоля AgI: а — ультрамикросталл AgI; б — до-страивание микрокристалла ядра за счет избирательной адсорбции из раствора ионов Ag<sup>+</sup> (стадия образования адсорбционного слоя); в — образование гранулы (завершение образования адсорбционного слоя); г — образование мицеллы

**ДЭС возникает**

**на границе твердое тело —  
жидкость в результате:**

***1) преимущественной  
адсорбции ионов одного  
знака на твердой  
поверхности;***

# Адсорбция ионов иода на кристалле иодистого серебра и возникновение ДЭС



# Двойной электрический слой

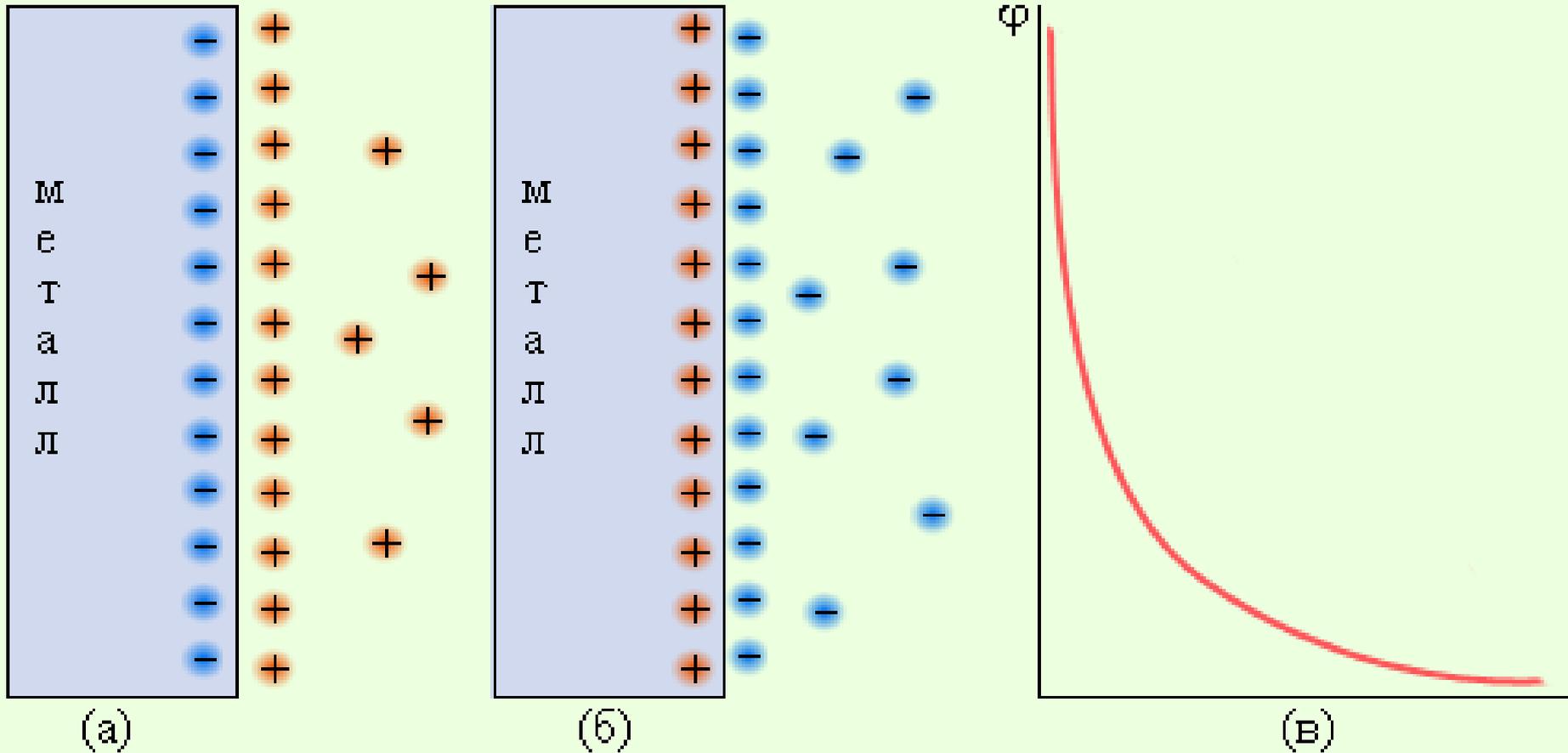
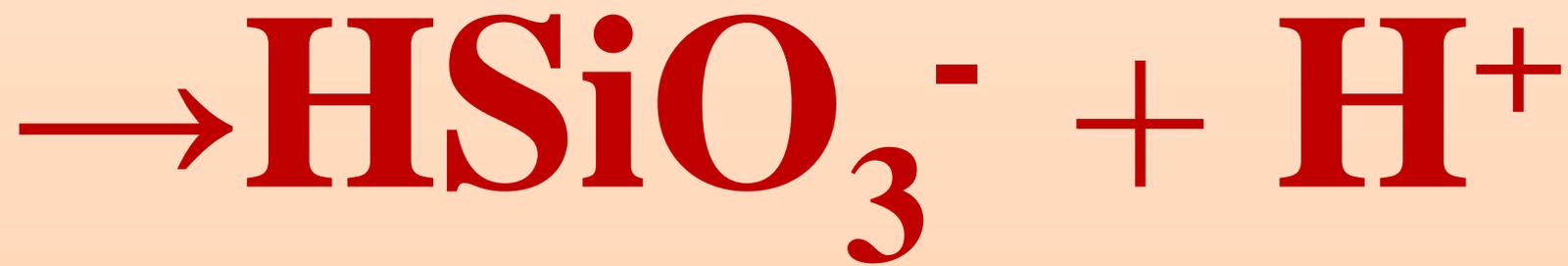


Схема двойного электрического слоя (а) и (б); распределение заряда в объеме электролита (в).

***2) в процессе  
диссоциации  
поверхностных  
молекул вещества  
твёрдой фазы с  
переходом ионов в  
другую фазу***



Ионы  $\text{HSiO}_3^-$

— ПОИ;

$\text{H}^+$  — ПИ

**Крупные и  
малоподвижные анионы**

**$\text{HSiO}_3^-$**  остаются на

**поверхности твердой  
фазы, а ионы водорода**

**$\text{H}^+$**  переходят в

**жидкую фазу**

**Примечание:** Согласно современным представлениям, в образовании **ДЭС** могут участвовать не только ионы, но и **дипольные молекулы**, а ДЭС может возникнуть на частицах, находящихся в полярной среде, в процессе ориентации диполей

**Независимо от механизма  
образования ДЭС**

**непременным условием его**

**возникновения является**

*высокая плотность*

*расположения зарядов в слое*

*потенциалобразующих*

**(ПОИ) ионов**

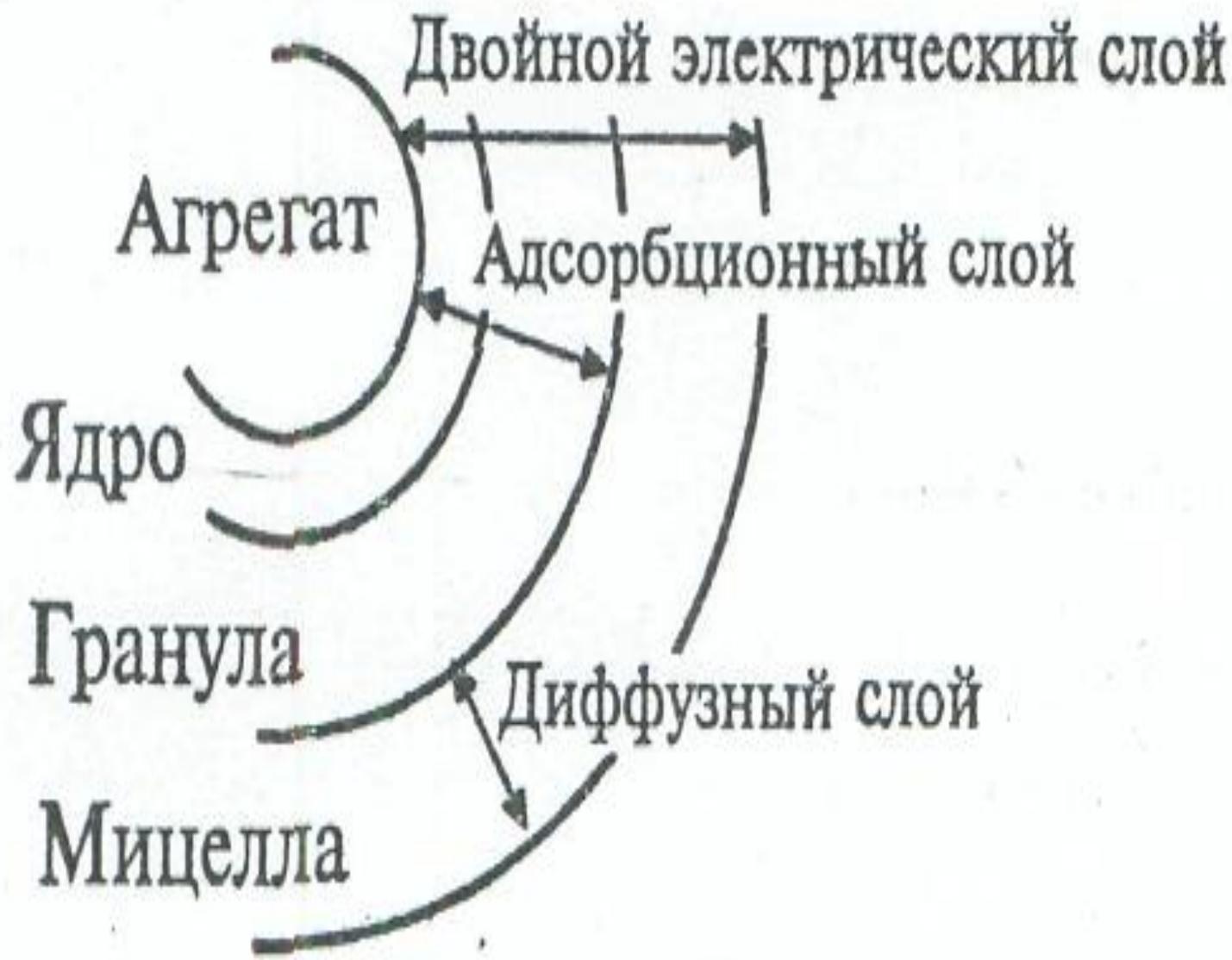
**Потенциалобразующие ионы создают *внутреннюю обкладку* ДЭС.**

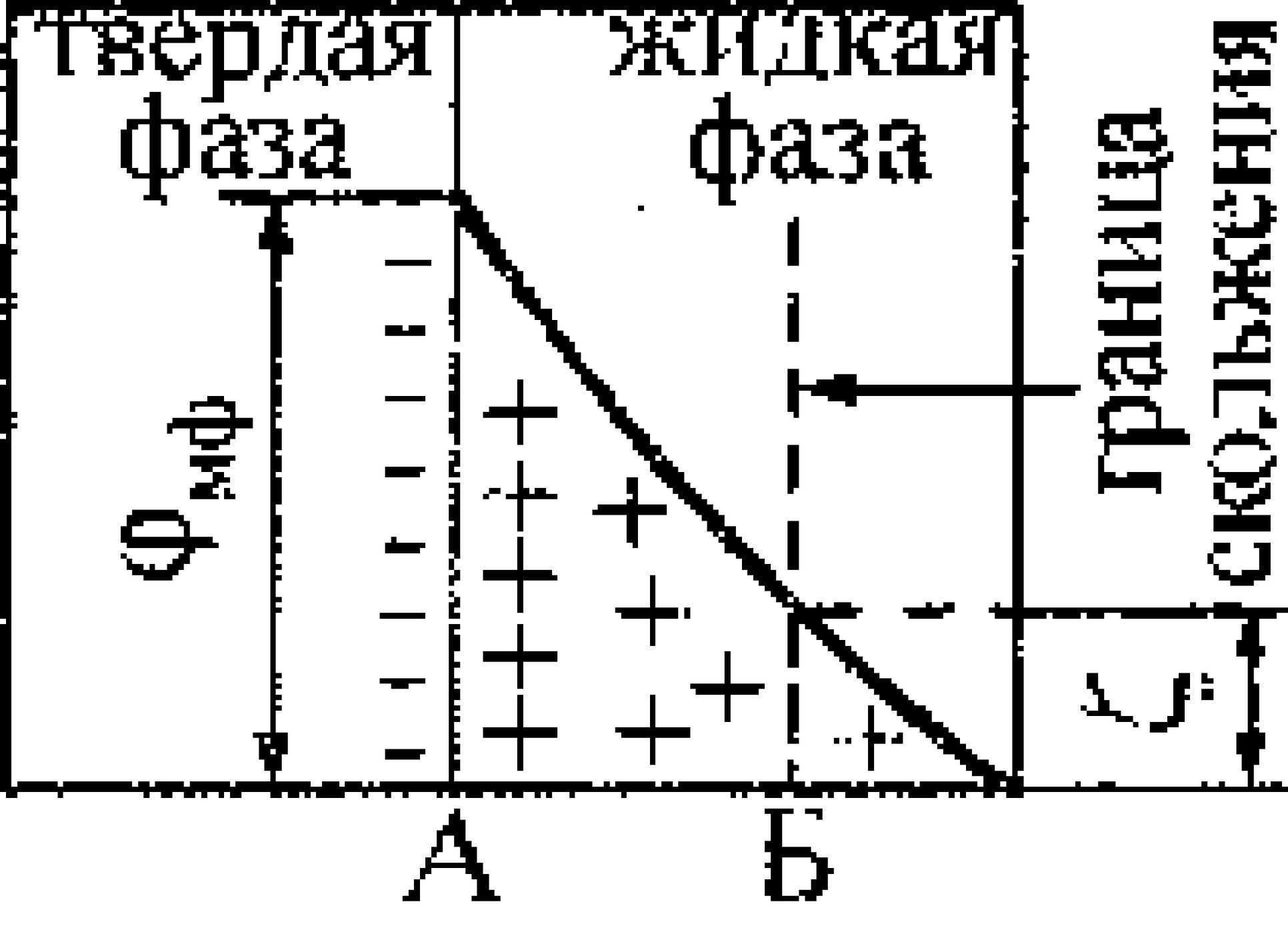
**Электростатические силы притяжения такого слоя способствуют возникновению второго, компенсирующего слоя из ионов противоположного знака — *противоионов (ПИ)*.**

Второй слой расположен со стороны жидкой фазы и носит название *внешней обкладки*. ДЭС - это единая система, в целом *нейтральная*, так как сумма зарядов противоположных равна заряду твердой поверхности.



АА — межфазная граница; ББ — граница скольжения





Граница **АА** на схемах мицелл называется *межфазной границей*. Граница **ББ**, которая в мицелле проходит между **гранулой** и **диффузным слоем**, называется *границей скольжения*.

**В электрическом поле по**

**этой условной границе**

**происходит взаимное**

**перемещение гранулы**

***(дисперсной фазы)* и**

**противоионов диффузного слоя**

***(дисперсионной среды)* к**

**противоположно заряженным**

**электродам**

**Образование ДЭС приводит к  
появлению электрических  
потенциалов на границе раздела  
твёрдой и жидкой фаз. Ионы  
внутренней обкладки, фиксированные  
на твёрдой поверхности, придают  
этой поверхности свой знак заряда и  
создают на ней **поверхностный**  
или  **$\phi$ -потенциал**  
(**фи-потенциал**)**

Межфазным или  
электротермодинамическим  
потенциалом (φ-потенциал)  
называется потенциал ДЭС на  
границе раздела между твердой  
и жидкой фазами в мицелле (на  
схемах мицеллы — граница АА)

Электрокинетическим  
потенциалом или  $\zeta$ -  
потенциалом (дзета-  
потенциал,  $\zeta$ ) называется

потенциал на **границе**

**скольжения** между

адсорбционной и диффузионной  
частями ДЭС мицеллы (на схемах  
мицеллы — граница ББ)

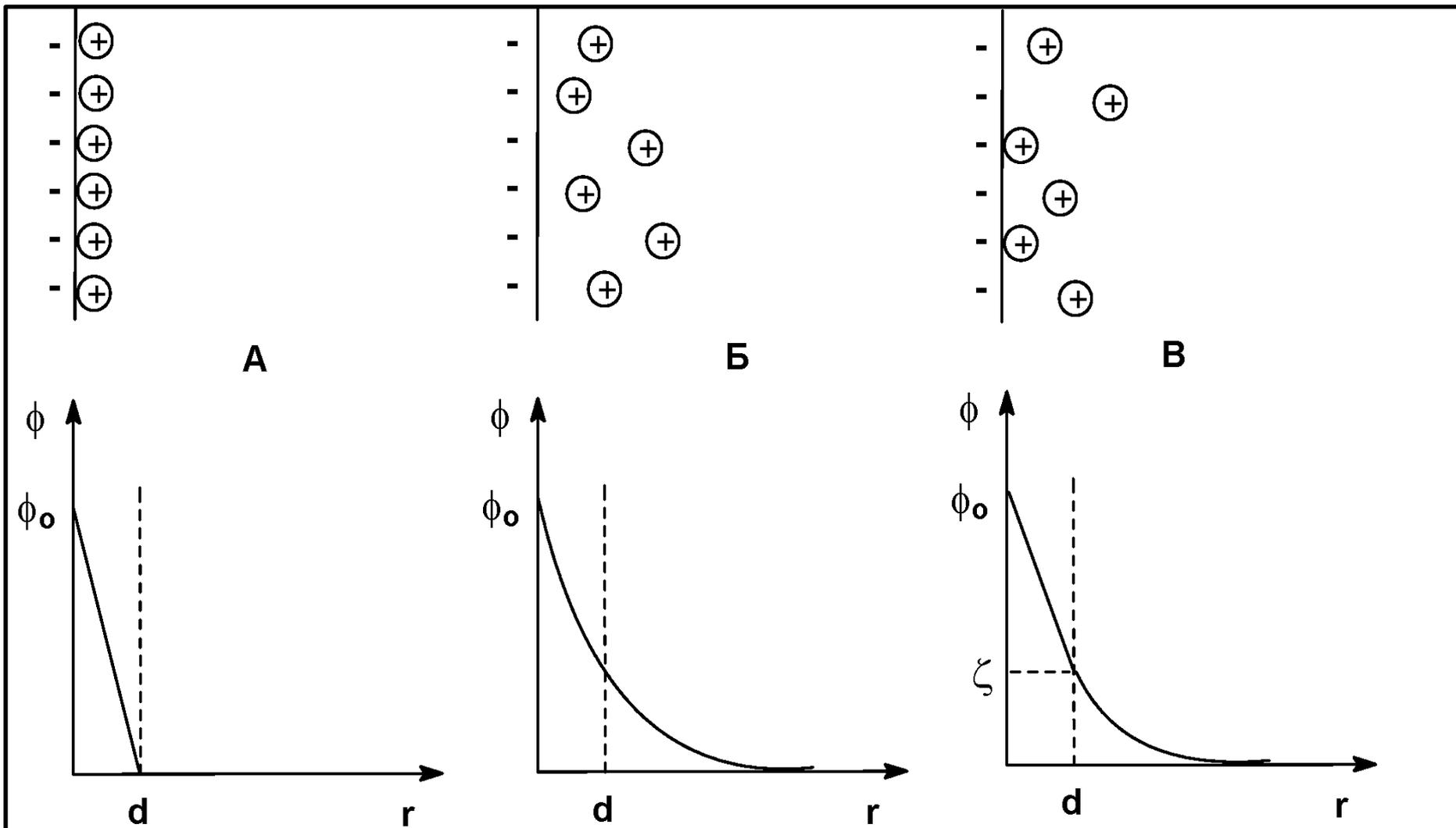
## Уравнение Нернста

$$\varphi_{\text{М}} = \frac{R \cdot T}{Z \cdot F} \cdot \ln \frac{[C_2]}{[C_1]}$$

где  $\varphi$  — электрический потенциал поверхности,  
 $R$  — универсальная газовая постоянная,  
 $T$  — абсолютная температура,  
 $z$  — формальный заряд потенциалобразующих ионов,  
 $F$  — постоянная Фарадея,  
 $C_2$  и  $C_1$  — концентрации ионов на поверхности и в растворе соответственно

**Моддели**

**ДЭЭС**



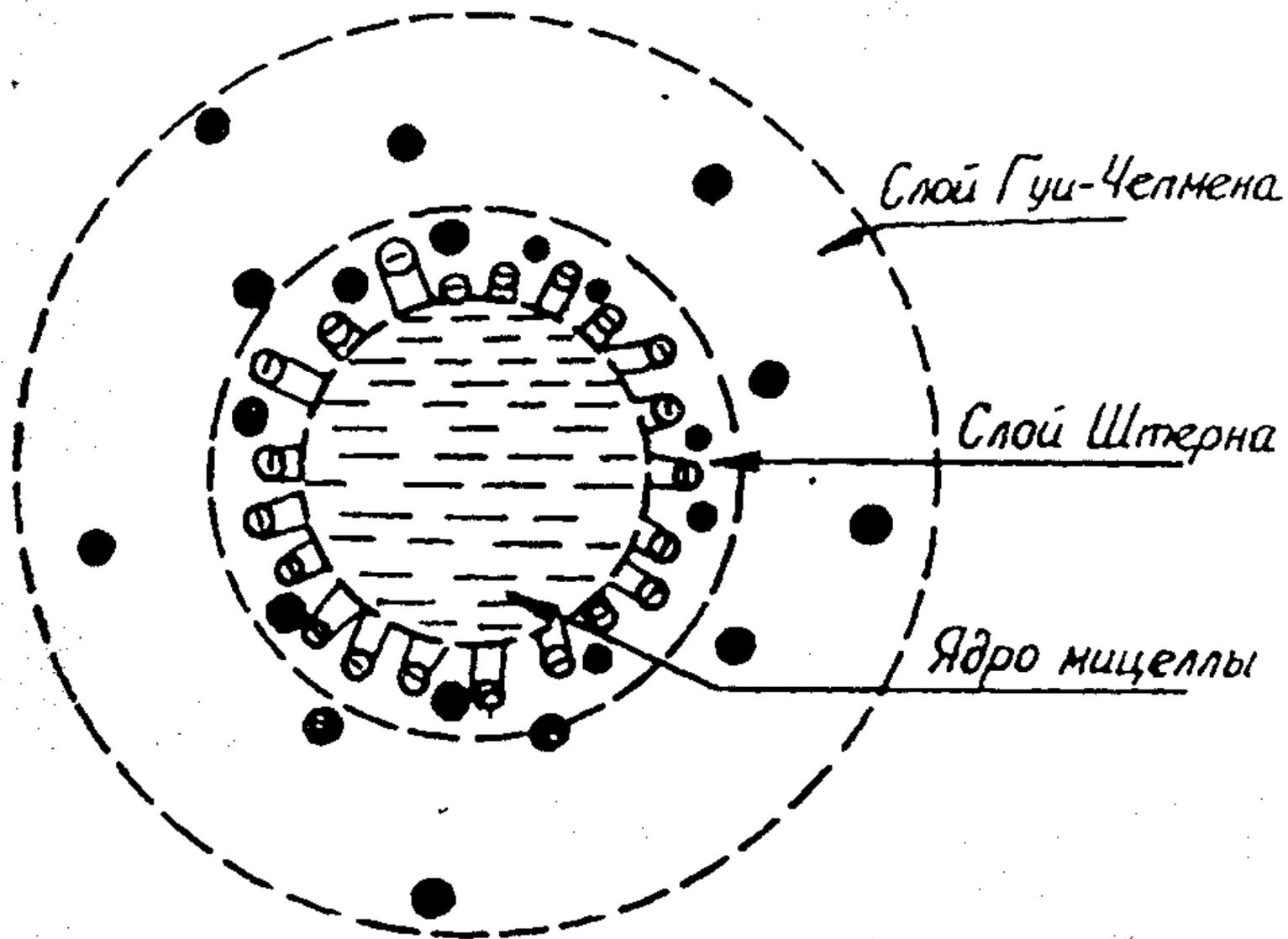
**Рис. 4.12** Строение ДЭС: а) – по Гельмгольцу, б) – по Гуи, в) – по Штерну.

Вверху – схема расположения противоионов, внизу – зависимость потенциала от расстояния.

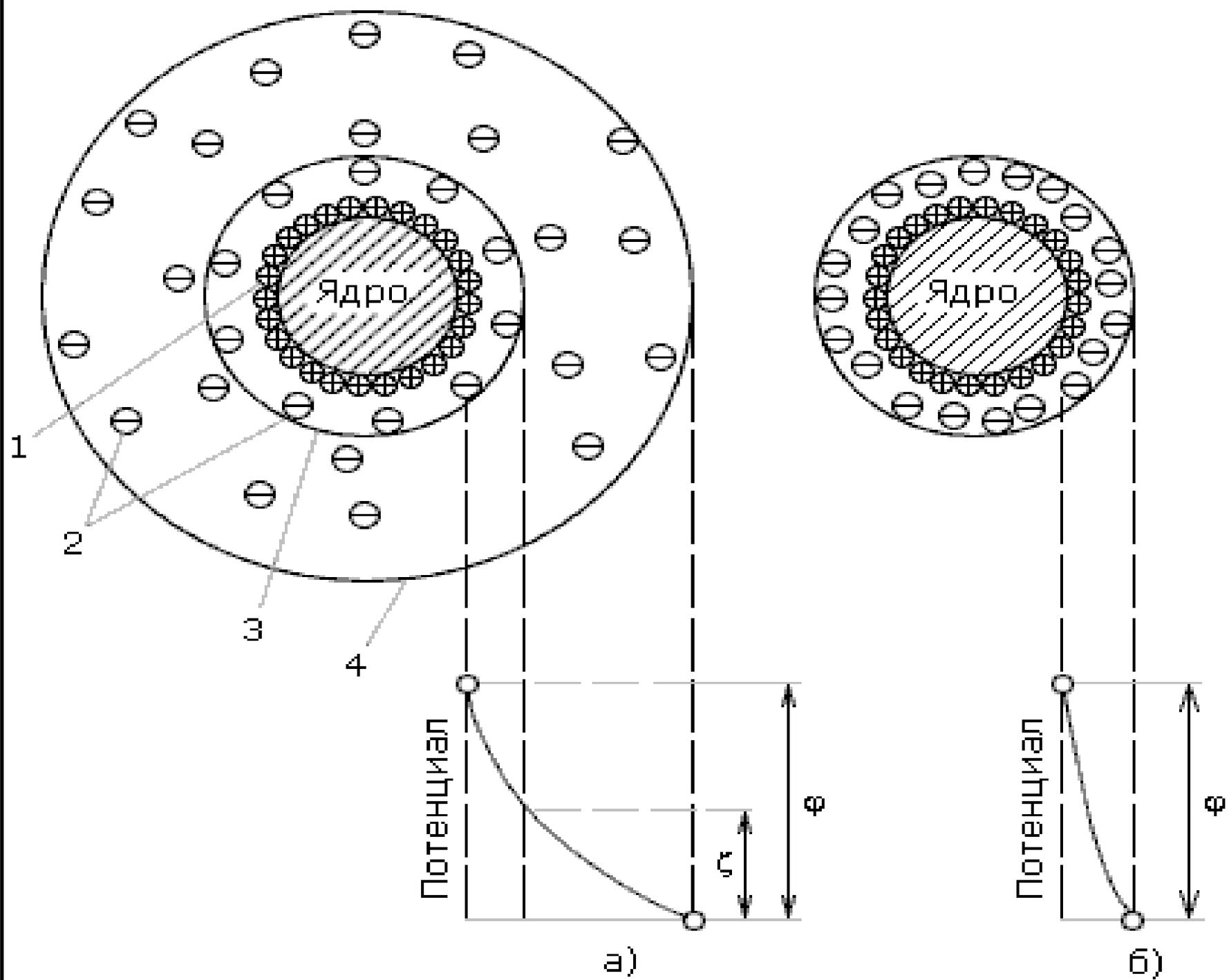
**А) Модель Гельмгольца** - модель **плоского конденсатора**. Согласно этой модели (рис.А), внешняя обкладка находится в жидкости параллельно твердой поверхности на расстоянии молекулярного порядка  $d$ .

**Взаимодействие** между ионами осуществляется только за счет **электростатических сил**, а падение потенциала между слоями происходит **линейно**

**Б) Модель Гуи—Чепмена** (рис.Б) - ионы  
внешней обкладки обладают определенной  
подвижностью за счет теплового движения, и  
электростатическое притяжение  
противоионов уравновешивается диффузией,  
размывающей поверхностные избытки. В  
результате устанавливается некоторое  
равновесное распределение противоионов в  
некотором слое жидкости вблизи твердой  
поверхности. В этой теории **ионы**  
рассматривались как точечные заряды, не  
имеющие собственных размеров и поэтому  
способные подходить к поверхности неограниченно  
близко



В модели *Гуи—Чепмена* слой раствора с измененной (для противоионов — повышенной) концентрацией ионов называется *диффузным*. Толщина диффузного слоя  $\delta$ . Точнее,  $\delta$  — это такое расстояние, на котором потенциал уменьшается в **e** раз. В зависимости от условий толщина слоя составляет от нм до сотен мкм, а потенциал экспоненциально снижается по мере удаления от поверхности



# Недостатки классической модели Гуи—Чепмена

*Теория не учитывает:*

- специфическую адсорбцию противоионов;
- не объясняет явление перезарядки

**В) Наиболее современной общей моделью является теория Штерна. Она базируется на более поздних предположениях теории Гуи о том, что *противоионы, обладая* соответствующими *размерами*, не могут подойти к поверхности ближе, чем на расстояние  $d$ , определяемое размерами ионов внутренней и внешней обкладок. *Толщина такого слоя близка к сумме радиусов гидратированных ионов* и имеет порядок десятых долей нм. Штерн ввел понятие *адсорбционного потенциала иона*, выражающего дополнительно к кулоновской, *энергию адсорбции* иона.**

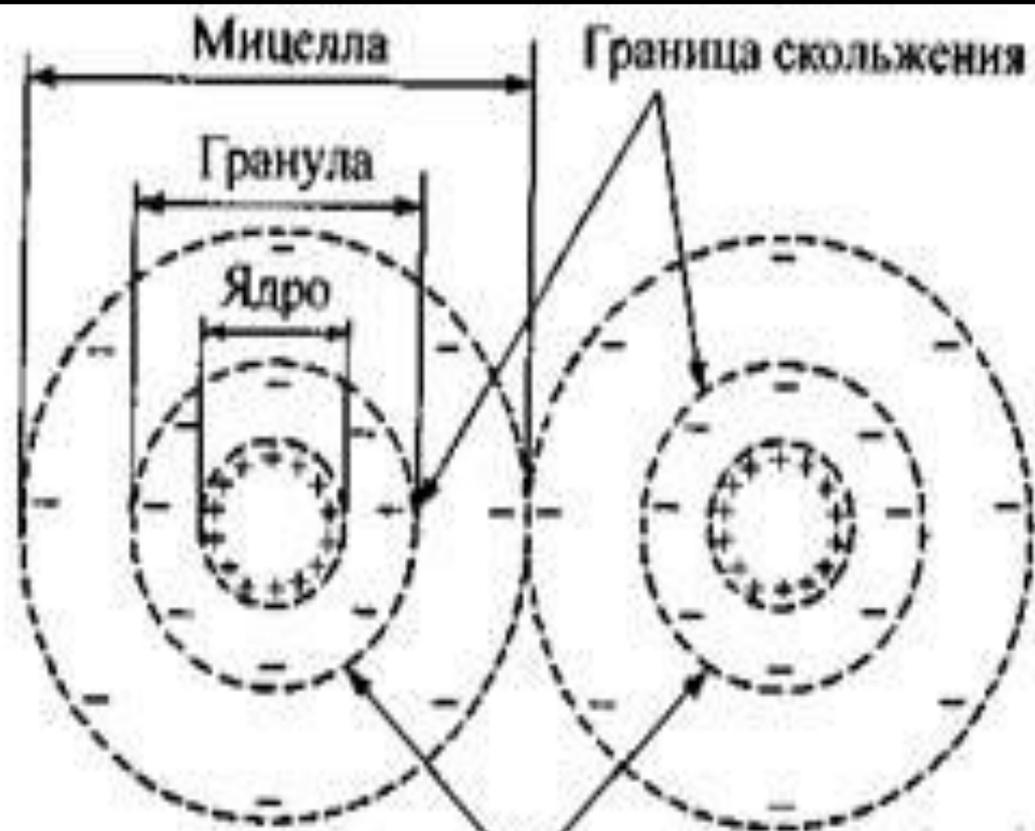
**Вывод: внешняя обкладка** **слагается из плотного (адсорбционного)** слоя противоионов, расположенных на расстоянии  $d$  и удерживаемых у поверхности не только ***электростатическими***, но и дополнительными **адсорбционными силами**, **и противоионов диффузного слоя**. В результате, часть противоионов находится на молекулярном расстоянии от поверхности, образуя слой, подобный слою Гельмгольца (часть кривой АБ на рис. В). Другая часть противоионов имеет размытое расположение и образует диффузный слой.

**Соответственно падение потенциала в адсорбционном слое происходит линейно, в диффузном — экспоненциально.**

.

**+ *теории***: Штерн ввел в теорию ДЭС представление о *конечных размерах ионов* и учел их **специфическую адсорбцию**. Однако есть ряд вопросов, не объясняемых и теорией Штерна.

*Учение о ДЭС продолжает*  
*развиваться*, так как оно имеет  
большое значение для  
понимания и  
усовершенствования таких  
практически важных  
процессов, как *коагуляция*  
*коллоидов, ионный обмен,*  
*флотация* и т.д.

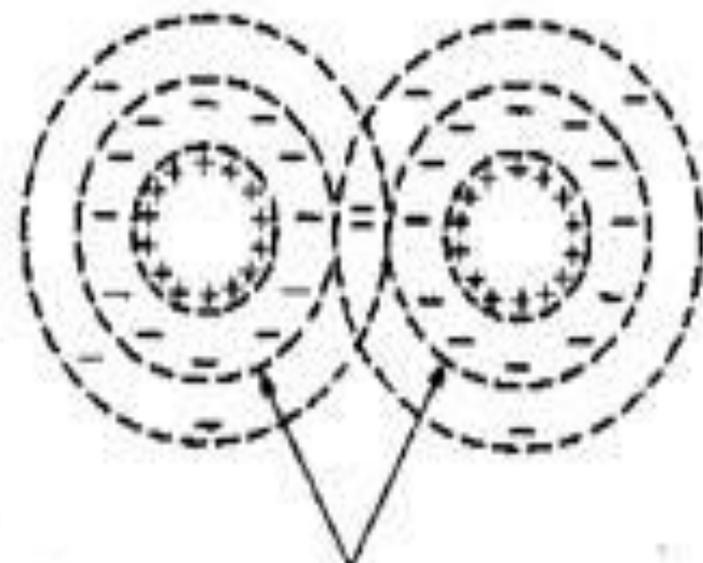


$$\zeta > 30 \text{ мВ}$$

Преобладают

←→ силы отталкивания

Коллоидный раствор относительно устойчив



$$\zeta < 30 \text{ мВ}$$

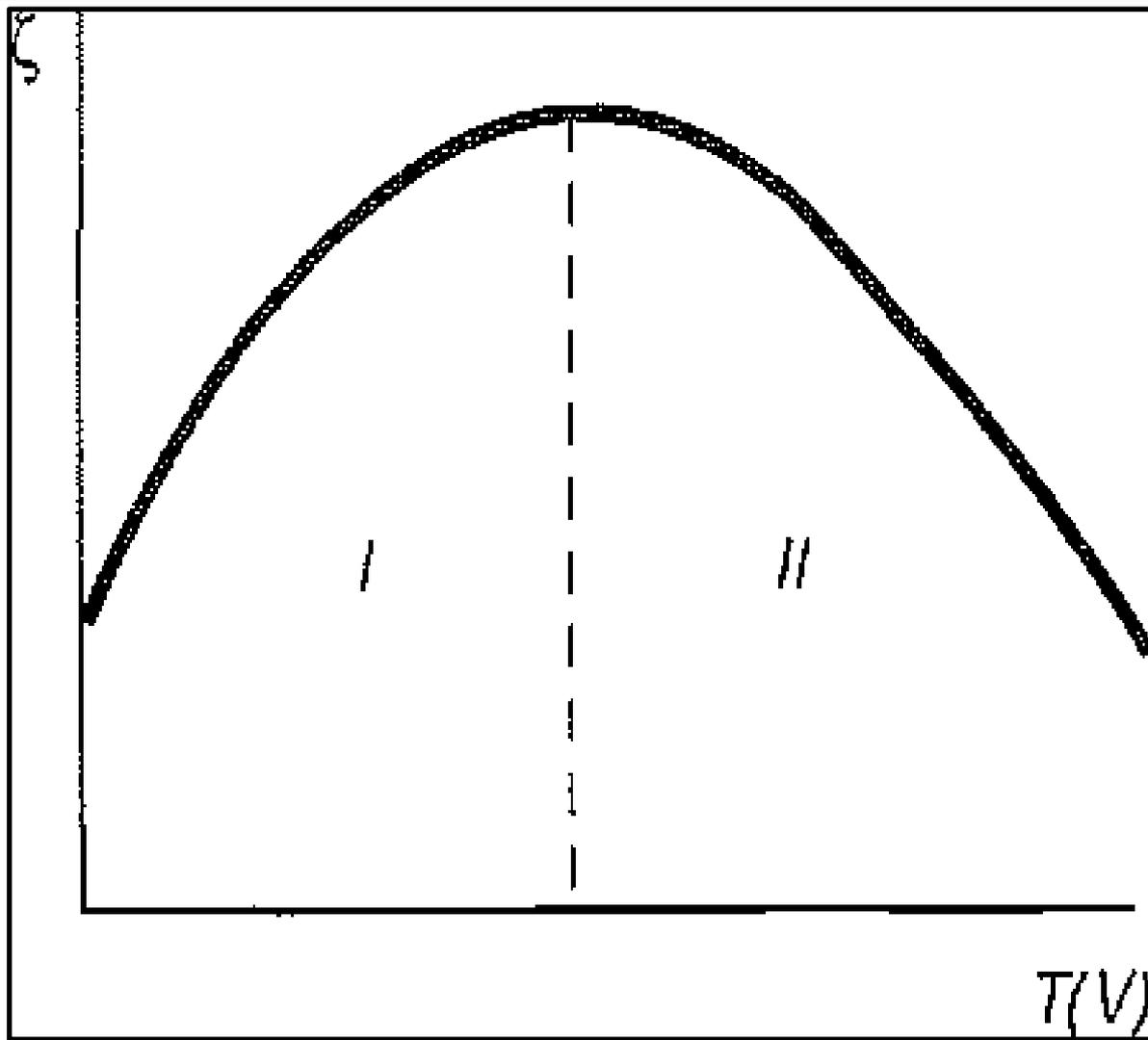
Преобладают

←→ силы притяжения

Коллоидный раствор неустойчив

Поскольку **электрокинетический потенциал** относится к коллоидной частице и обуславливает ее подвижность в электрическом поле, **величина этого потенциала** измеряется экспериментально по скорости движения частиц. Направление перемещения частиц к катоду или аноду указывает на знак  $\zeta$ -потенциала

# Зависимость $\zeta$ - потенциала золя от температуры и разведения $K$



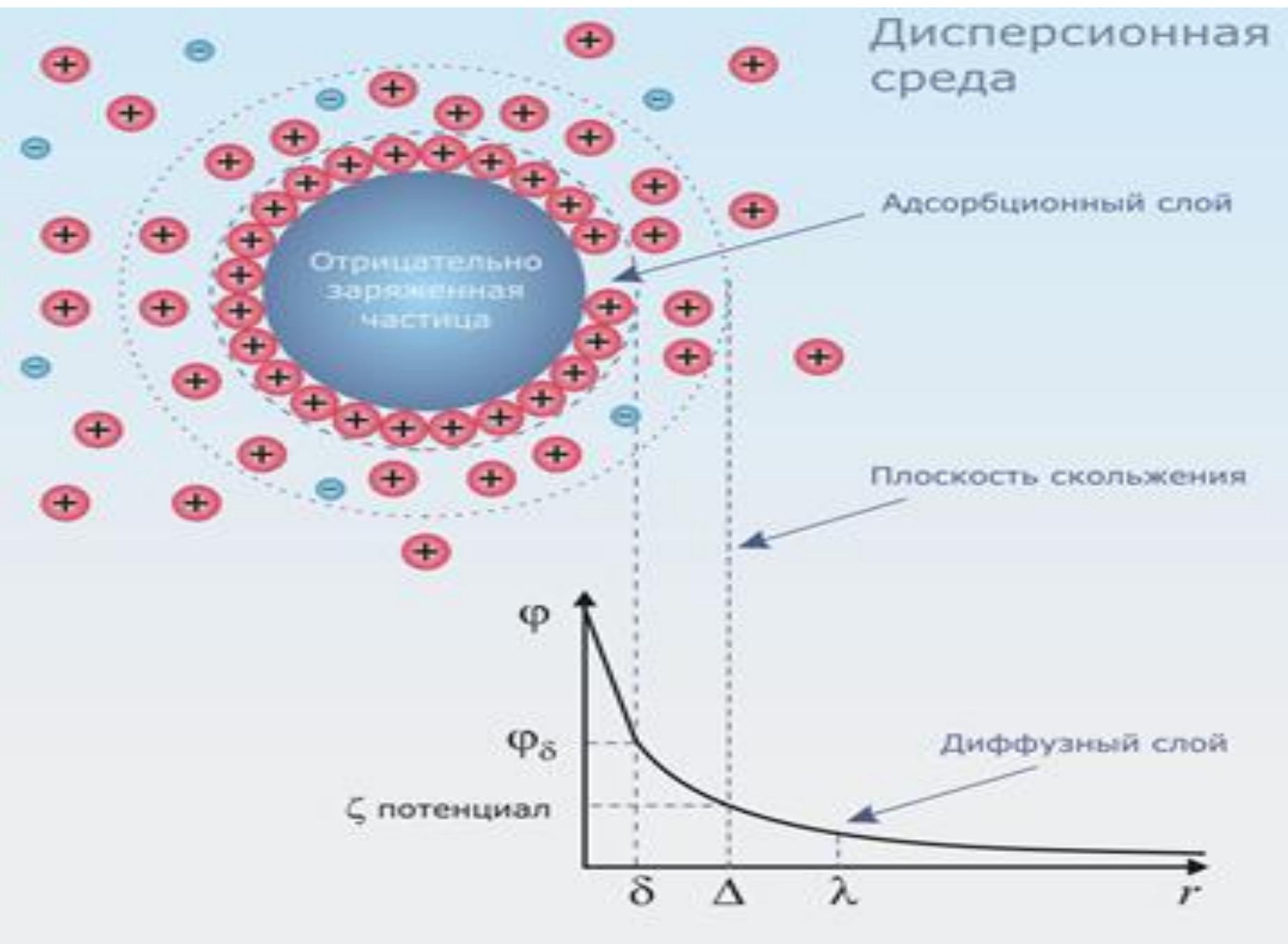
На участке I кривой в области умеренного повышения температуры  $\zeta$  - потенциал растёт: с повышением температуры увеличивается кинетическая энергия противоионов. Преодолевая электростатические и ван-дер-ваальсовы силы притяжения, часть противоионов переходит из адсорбционного в диффузный слой, что приводит к увеличению его **толщины.**

Второй участок кривой (область II) характеризуется понижением  $\zeta$ -потенциала, объяснить которое можно проникновением процессов десорбции в глубинные области двойного электрического слоя. Начинается отрыв ионов от внутренней обкладки ДЭС, т.е. потенциалобразующих ионов, что и приводит к понижению  $\varphi$ -потенциала и, как следствие, к уменьшению  $\zeta$ -потенциала.

График зависимости  $\zeta$ -потенциала от разведения имеет тот же вид. На участке I возрастание  $\zeta$ -потенциала связано с **переходом** части **противоионов** из адсорбционного слоя в **диффузный** вследствие понижения общей концентрации электролита во всем объеме раствора; участок II кривой, соответствующий чрезмерному разбавлению раствора, обусловлен дальнейшим развитием процесса десорбции, затрагивающего внутреннюю часть двойного слоя. Выход потенциалобразующих ионов в раствор приводит к уменьшению числа зарядов на поверхности частиц и понижению как  $\varphi$ -, так и  $\zeta$ -потенциала.

***Толщина диффузного слоя  $\delta$***   
рассчитывается по аналогии с ионной атмосферой по теории Дебая—Гюккеля для растворов бинарных сильных электролитов, учитывающей  $Z$  — заряд ионов,  $F$ — число Фарадея,  $T$ — абсолютную температуру,  $R$  — газовую постоянную,  $\varepsilon$  — диэлектрическую проницаемость раствора,  $c$  — концентрацию электролита

***СРС: Беляев А.П., параграф 25.2 Влияние электролитов на строение ДЭС***



**Строение  
КОЛЛОИДНЫХ  
частиц  
лиофобных  
зольей**

**Модельные представления о строении двойного электрического слоя позволяют построить мицеллу лиофобного золя.**

**Согласно общепринятой мицеллярной теории строения коллоидных растворов, золь состоит из двух частей: мицелл и интермицеллярной жидкости.**

**Мицелла — это структурная коллоидная единица, т.е. частица дисперсной фазы, окруженная двойным электрическим слоем.**

**Интермицеллярной (т.е. межмицеллярной) жидкостью называют дисперсионную среду, разделяющую мицеллы, в которой растворены электролиты, неэлектролиты и ПАВ, являющиеся стабилизаторами коллоидной системы**

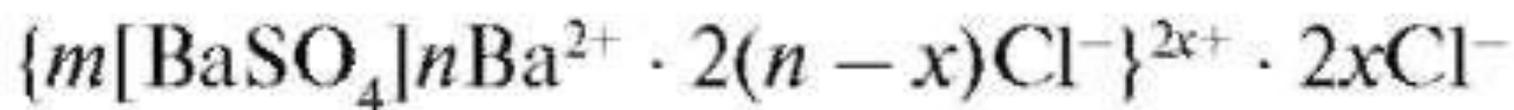
**Рассмотрим строение  
мицеллы гидрозолей  
на примере  
образования  
коллоидного раствора  
сульфата бария при  
условии избытка**

**$BaCl_2$ :**



**Труднорастворимый барий сульфат образует кристаллический агрегат, состоящий из  $m$  молекул  $\text{BaSO}_4$ . На поверхности агрегата адсорбируется  $n$  ионов  $\text{Ba}^{2+}$ . С поверхностью ядра связано  $2(n - x)$  хлорид ионов  $\text{Cl}^-$ . Остальные противоионы ( $2x$ ) располагаются в диффузном слое:**

# Мицелла



Агрегат

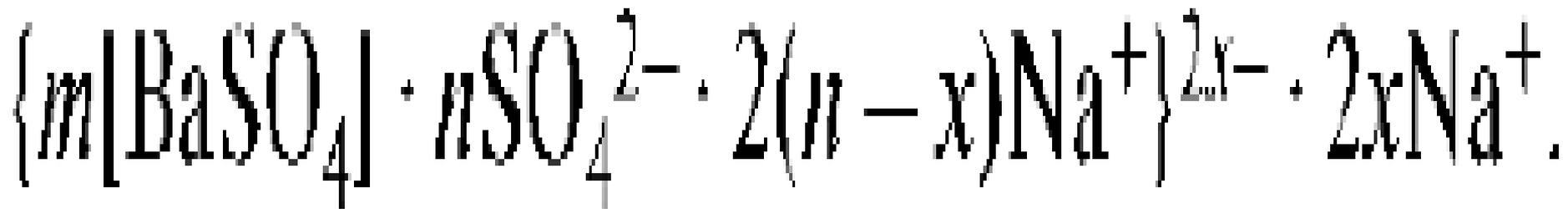
Адсорбционный  
слой

Диффузный  
слой

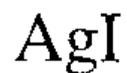
Ядро мицеллы

Гранула

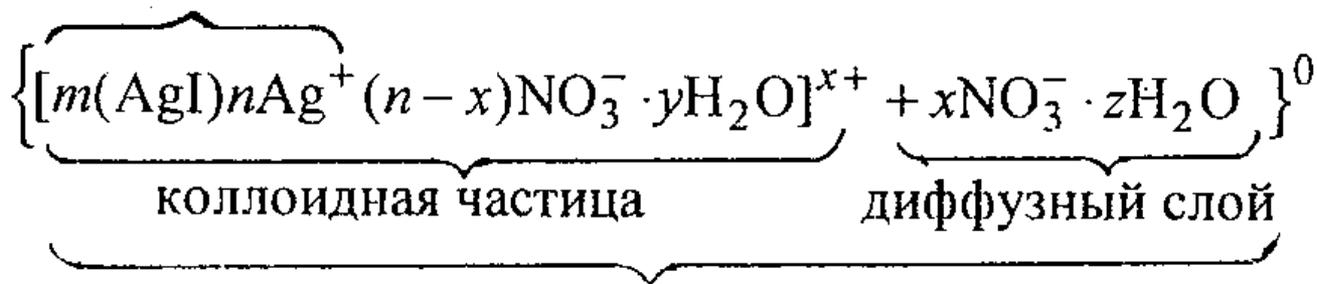
Строение мицеллы золя бария сульфата, полученного при избытке натрий сульфата, записывается в виде:



***Вывод:*** знак заряда коллоидной частицы зависит от условий получения коллоидного раствора.

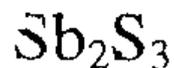


золь

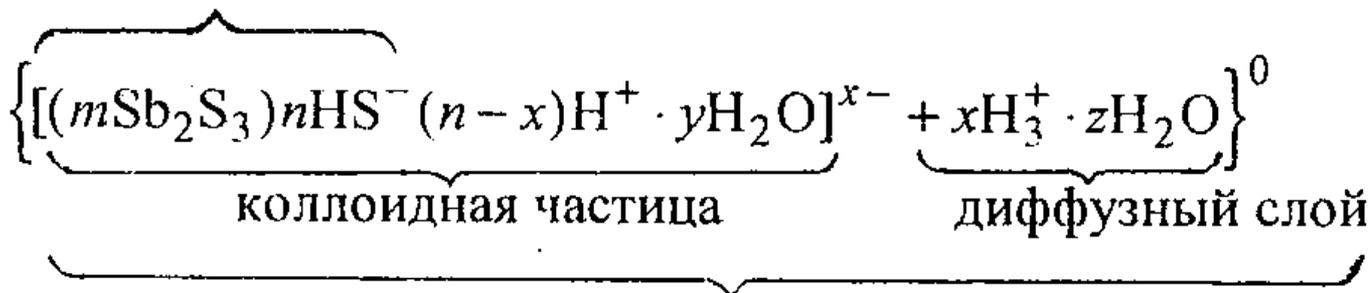


мицелла

ядро



золь

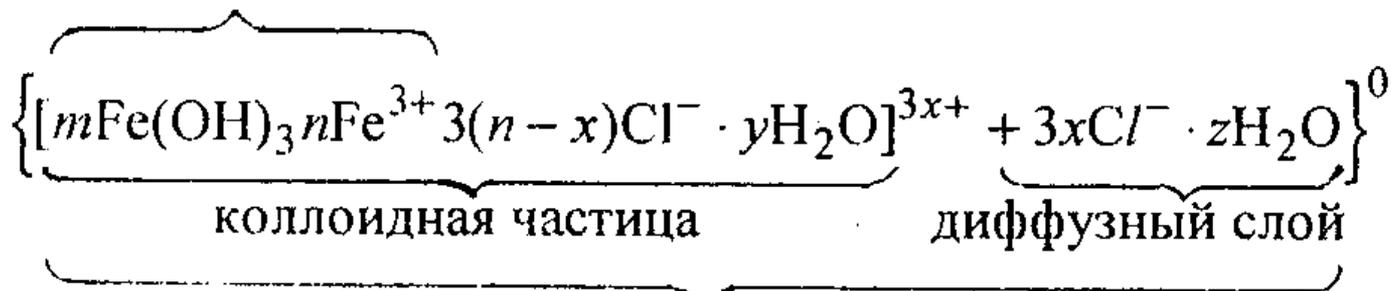


мицелла

ядро



золь



мицелла

Обычно  $t \gg p$ . Ядро вместе с адсорбционным слоем противоионов образуют собственно коллоидную частицу, или гранулу. В отличие от электронейтральной мицеллы коллоидная частица имеет заряд, в данном случае — отрицательный (2х-). Граница между коллоидной частицей и диффузным слоем практически является **границей (или поверхностью) скольжения**. В формуле мицеллы этой границе соответствует фигурная скобка между адсорбционным и диффузным слоями

**ПРИМЕЧАНИЕ: Граница скольжения обозначает ту геометрическую поверхность, по которой происходит разделение («разрыв») мицеллы на коллоидную частицу и диффузный слой в случае ее перемещения относительно дисперсионной среды (например, при участии мицеллы в броуновском движении или при **движении под действием электрического поля**).**

**Поскольку граница коллоидной частицы проходит по плоскости скольжения, то ее потенциал соответствует электрокинетическому или  $\zeta$  - потенциалу, определяющему агрегативную устойчивость гидрофобных золей и электрокинетические свойства дисперсных систем. Величина  $\chi$ , а следовательно, и  $\zeta$  - потенциал зависят от концентрации и состава электролита в интермицеллярной жидкости.**

# Электрокинетические явления

**Электрокинетические явления:**

- эффекты, связанные с относительным движением двух фаз под действием постоянного электрического поля;**
- возникновением разности потенциалов при относительном смещении двух фаз, на границе между которыми существует двойной электрический слой**

**Электрокинетические  
явления по причинно-  
следственной связи**

**делят на две группы:**

- прямые;***
- обратные.***

*Прямые*

электрокинетические

явления возникают под

действием внешнего

электрического поля

*(электрофорез и*

*электроосмос).*

*Обратные*

электрокинетические явления -

при механическом

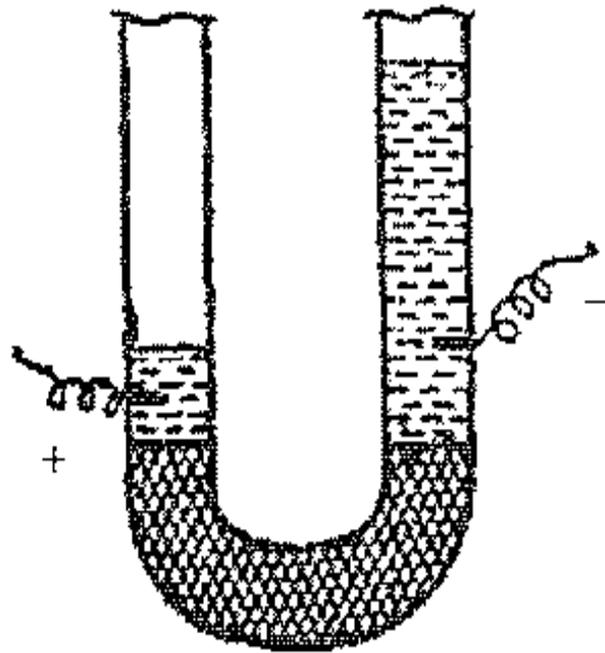
перемещении одной фазы

относительно другой возникает

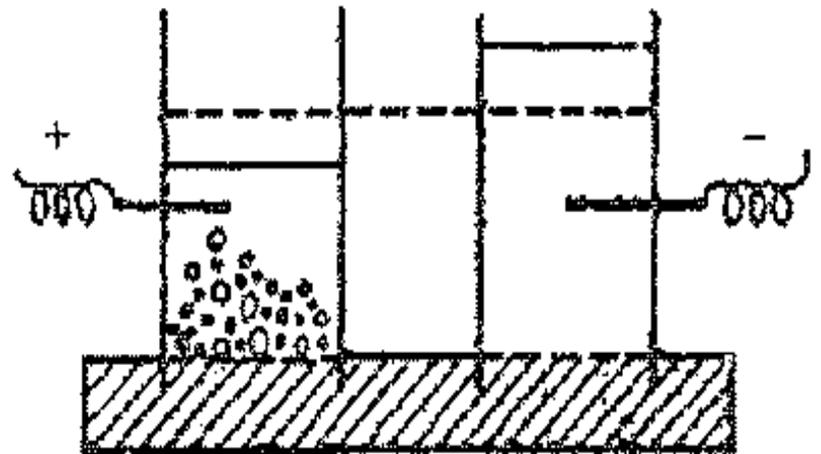
электрический потенциал

*(потенциал протекания и  
потенциал седиментации).*

# Схемы опытов Рейсса по электроосмосу (а) и электрофорезу (б)



а)



б)

**U-образная трубка заполнена толченым кварцем и приложено внешнее напряжение к электродам. Через некоторое время в колене, где находился отрицательный электрод, наблюдалось поднятие уровня воды, в другом — опускание (рис.а). После выключения электрического поля уровни воды в коленах трубки уравнивались.**

*Электроосмос* - явление  
перемещения  
дисперсионной среды  
относительно неподвижной  
дисперсной фазы в  
постоянном электрическом  
поле

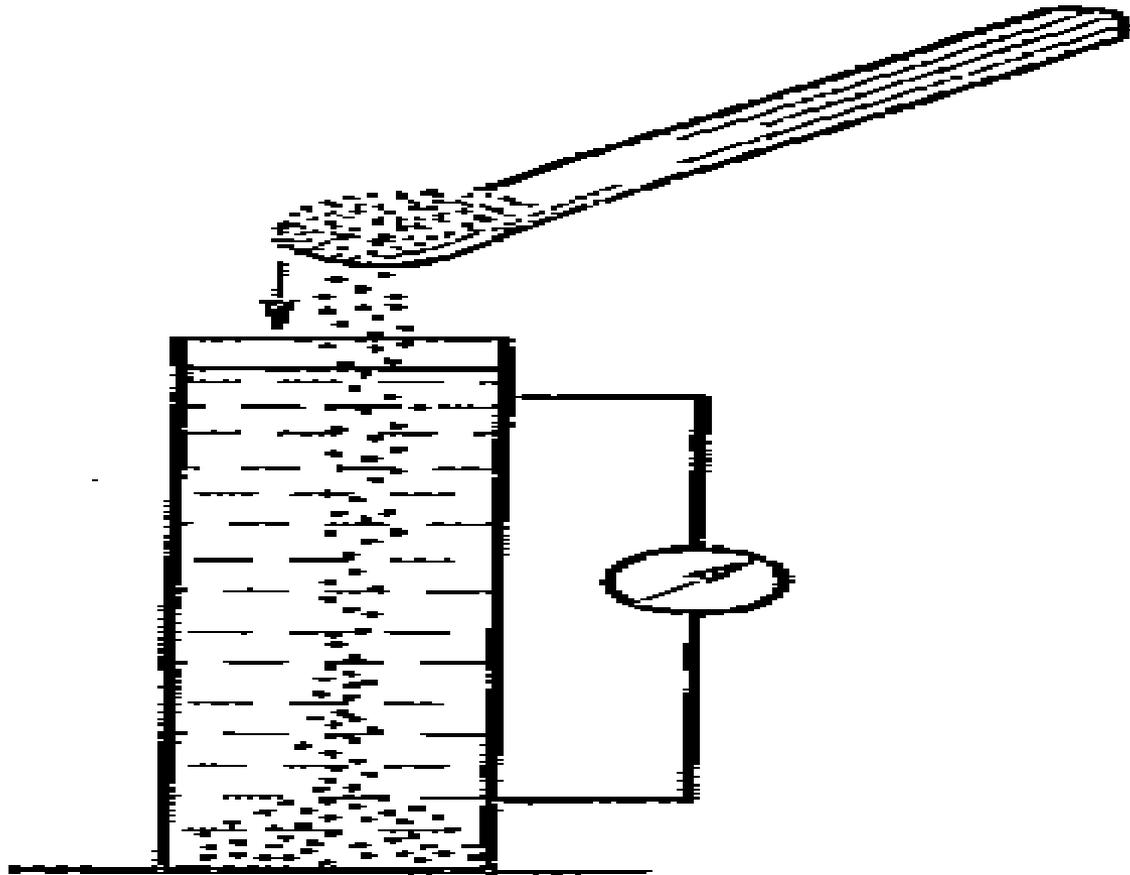
Было обнаружено (рис. б), что если во влажную глину погрузить две стеклянные трубки, заполнить их водой и поместить в них электроды, то при пропускании постоянного тока происходит движение частичек глины к положительному электроду. Явление перемещения частиц дисперсной фазы в постоянном электрическом поле называется *электрофорезом*.

**Электрофорез (от электро- и др.-  
греч. φορέω — «переношу») —  
это электрокинетическое  
явление перемещения частиц  
дисперсной фазы (коллоидных  
или белковых растворов) в  
жидкой или газообразной среде  
под действием внешнего  
электрического поля**

Позже Квинке (1859) (немецкий врач Генрих Квинке) обнаружил явление, обратное электроосмосу и названное *потенциалом протекания*. Оно состоит в том, что при течении жидкости под давлением через пористую диафрагму возникает разность потенциалов. В качестве материала диафрагм были испытаны глина, песок, дерево, графит и т.п.

**Явление, обратное электрофрезу и названное *потенциалом седиментации*, было открыто Дорном в 1880 г. (эффект Дорна). При оседании частиц суспензии кварца под действием силы тяжести возникает разность потенциалов между уровнями разной высоты в сосуде**

# Схема установки для наблюдения за потенциалом седиментации

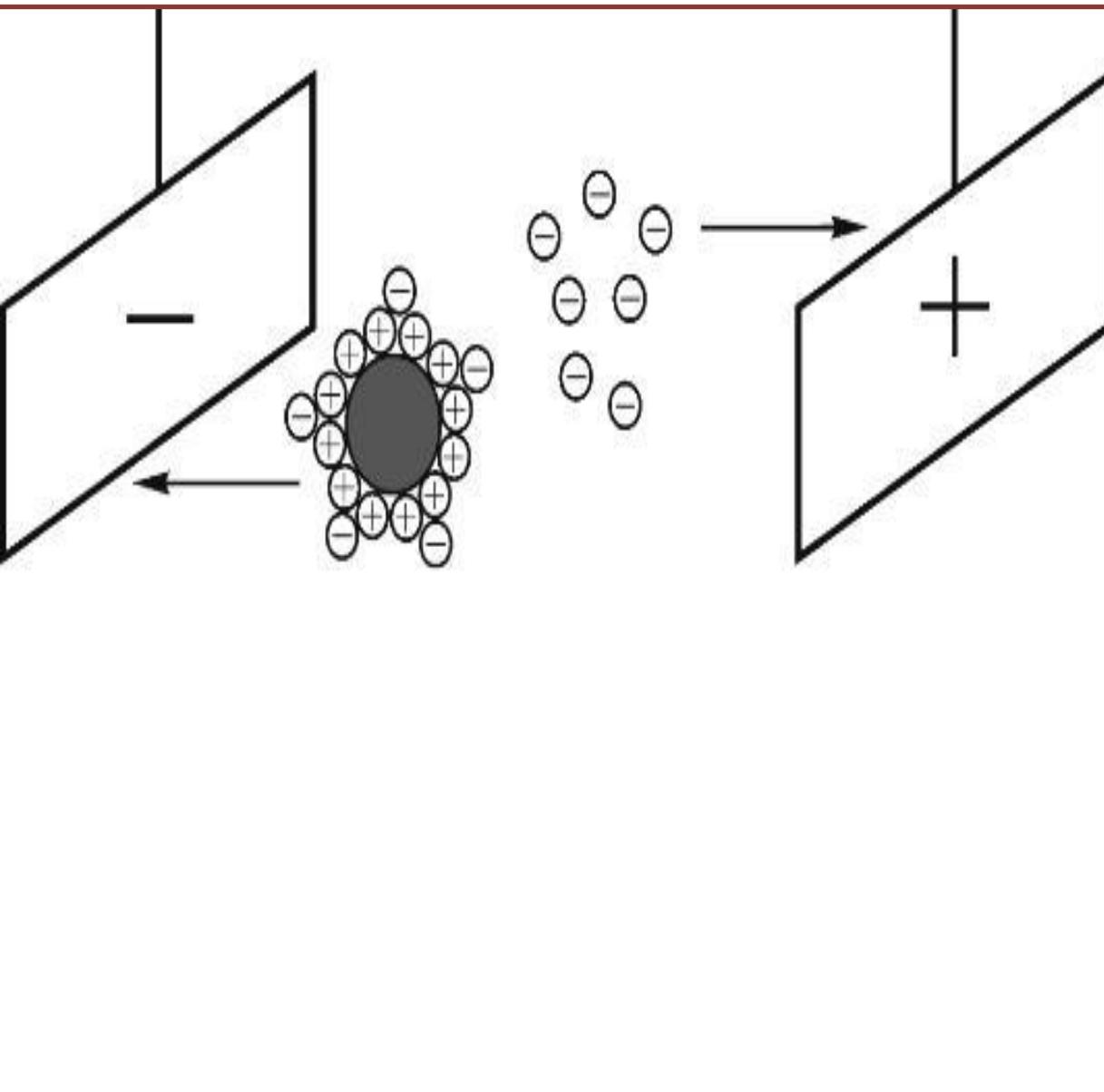


# ЗАКЛЮЧЕНИЕ:

Все электрокинетичес-кие явления основаны на наличии двойного электрического слоя на границе твердой и жидкой фаз. Поскольку относительное смещение фаз происходит по плоскости скольжения, то все электрокинетические явления выражены тем сильнее, чем более подвижен заряд диффузного слоя и выше  $\zeta$  - потенциал границы скольжения. Таким образом,  $\zeta$  - потенциал является мерой электрокинетических явлений и может быть вычислен на основе измерения их параметров. Наиболее широкое применение из всех описанных электрокинетических явлений имеют электрофорез и электроосмос.

## **Электрофорез**

**При электрофорезе под действием постоянного электрического поля происходит направленное перемещение частиц дисперсной фазы к электроду, знак которого противоположен знаку заряда частиц. Движение частиц в электрическом поле обусловлено разрывом двойного электрического слоя частиц по границе скольжения, в результате которого частицы получают заряд, соответствующий  $\zeta$  - потенциалу. Противоионы диффузного слоя перемещаются при этом к противоположному электроду.**



**Движение  
гранул  
положительного  
золя к катоду  
(электрофорез),  
противоионов  
к аноду  
(электроосмос)**

**Техника проведения электрофоретических измерений может быть различной: в виде *макроэлектрофореза* (метод подвижной границы) или *микроэлектрофореза*, когда ведется наблюдение за отдельными частицами дисперсной фазы с помощью микроскопа**

**Формула Гельмгольца –  
Смолуховского,  
 $\zeta$  -потенциал равен:**

$$\zeta = \eta V / E \varepsilon \varepsilon_0,$$

**где  $\eta$  — вязкость среды, Па·с;**

**$V$  — линейная скорость движения частицы, м/с;**

**$\varepsilon$  — диэлектрические проницаемости среды;**

**$\varepsilon_0$  - электрические постоянная;  $\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$  Ф/м ;**

**$E$  — напряженность электрического поля, В/м:**

**$E = U/l$  ;  $U$  — приложенное напряжение, В;**

**$l$  — расстояние между электродами, м.**

**Скорость движения иона в  
единичном электрическом поле  
называется  
электрофоретической  
подвижностью  $V_{эф}$**

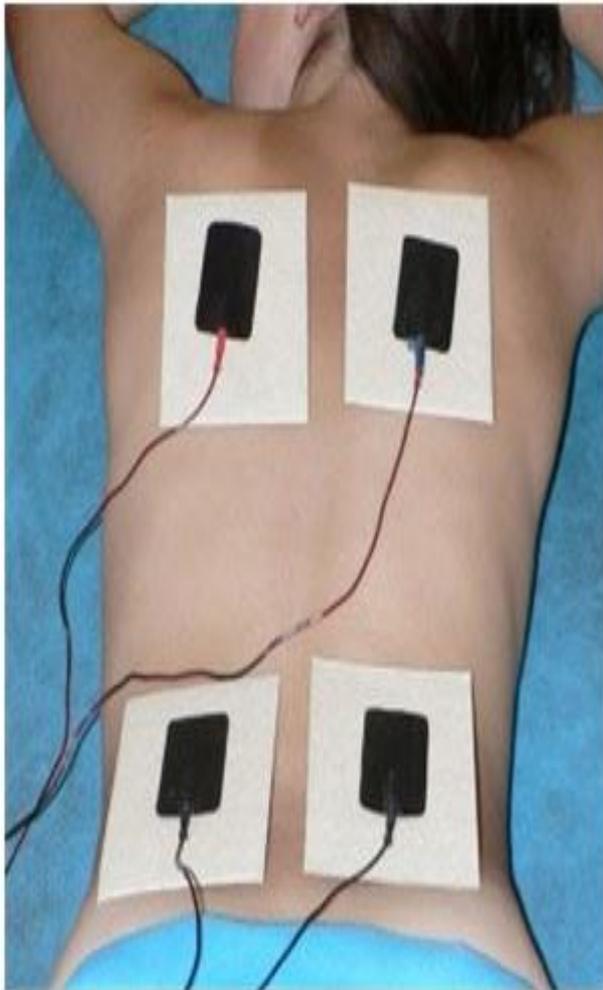
$$**V_{эф} = V/E, \text{ м}^2/(\text{с} \cdot \text{В})**$$

**Электрофоретическая подвижность различных частиц имеет величину, определяемую их природой: для золей  $u_{эф} = (0,4-0,8) 10^{-8} \text{ м}^2/(\text{с}\cdot\text{В})$ , для эритроцитов животных  $u_{эф} = (1,0-1,7)10^{-8} \text{ м}^2/(\text{с}\cdot\text{В})$ .**

**Экспериментально найденные значения подвижностей в ряде случаев оказываются меньше расчетных. Несовпадение этих величин объясняется релаксационным эффектом и электрофоретический торможением, которые не учитываются теорией Гельмгольца-Смолуховского.**

**Релаксационный эффект вызывается нарушением симметрии диффузного слоя вокруг частиц. Второй эффект, электрофоретическое торможение, обусловлен добавочным трением электрической природы при движении частиц и противоионов в противоположные стороны. Хюккель ввел в выражение для  $u_{эф}$  поправку  $2/3$  на электрофоретическое торможение. Позднее Генри показал, что учет электрофоретического торможения справедлив в случаях, когда размер частиц сравним с толщиной диффузного слоя, уменьшаясь с увеличением радиуса ( $r$ ) частиц.**

# Медицинская процедура – лекарственный электрофорез



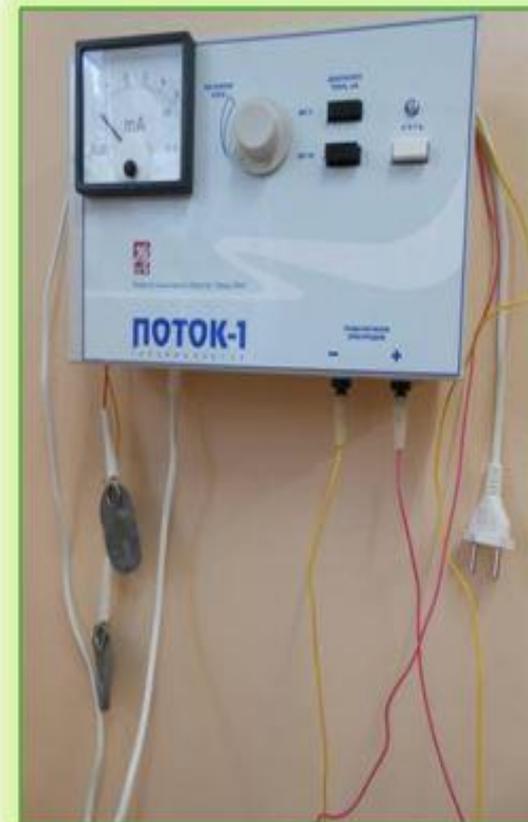
*Электрофорез*, как медицинская процедура, также называется ионофорез, ионотерапия, ионогальванизация или гальваноионотерапия, причем все данные термины означают один и тот же процесс.

# Лекарственный электрофорез



Аппарат «Поток-1»

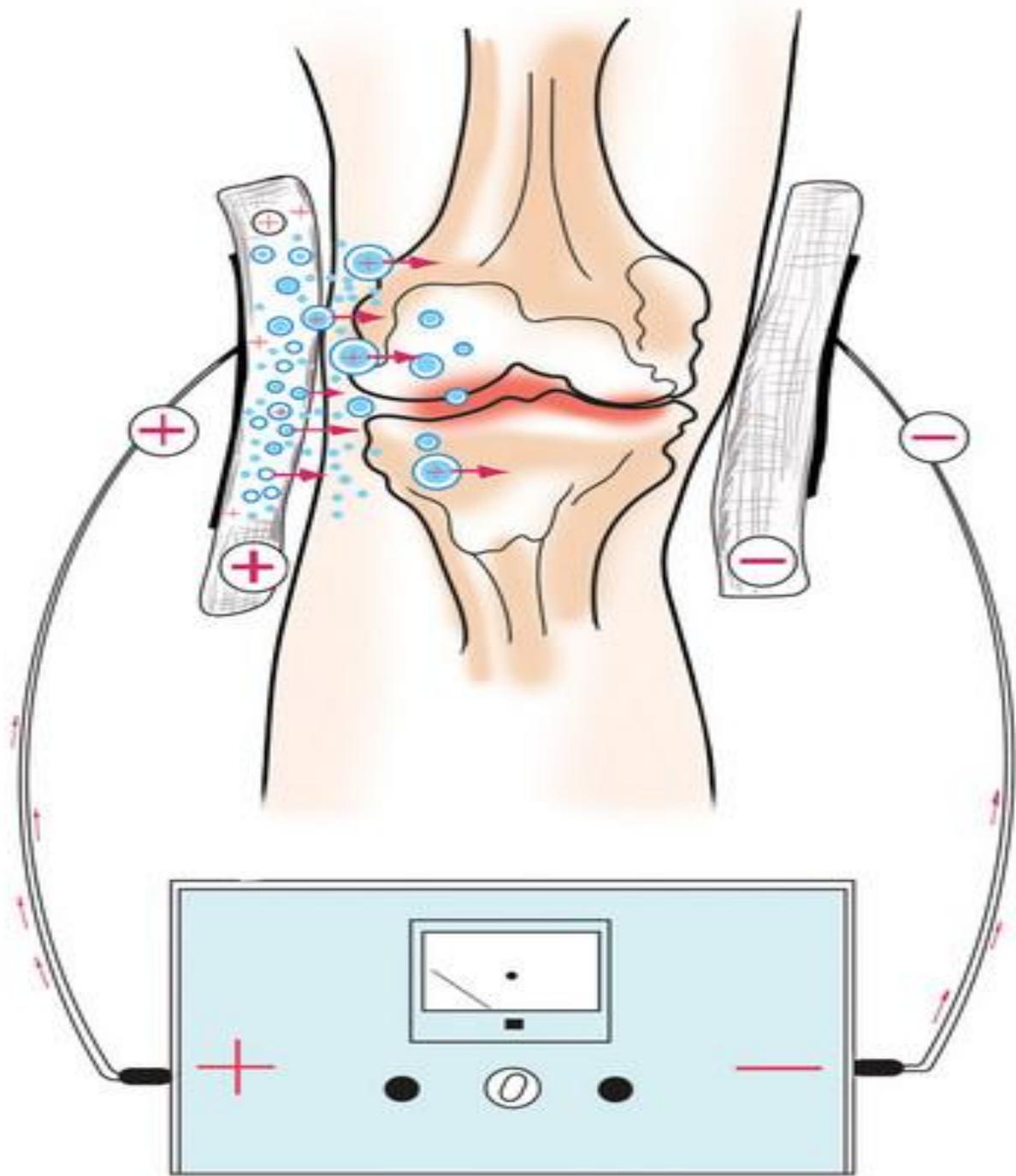
Воздействие на организм постоянного электрического тока и вводимого с его помощью лекарственного вещества (NaBr или CaCl<sub>2</sub>).



Лечебный эффект: потенцирование эффекта гальванизации и специфическое фармакологическое действие вводимого током лекарственного вещества, противовоспалительный, энергетический, седативный, сосудорасширяющий, миорелаксирующий.

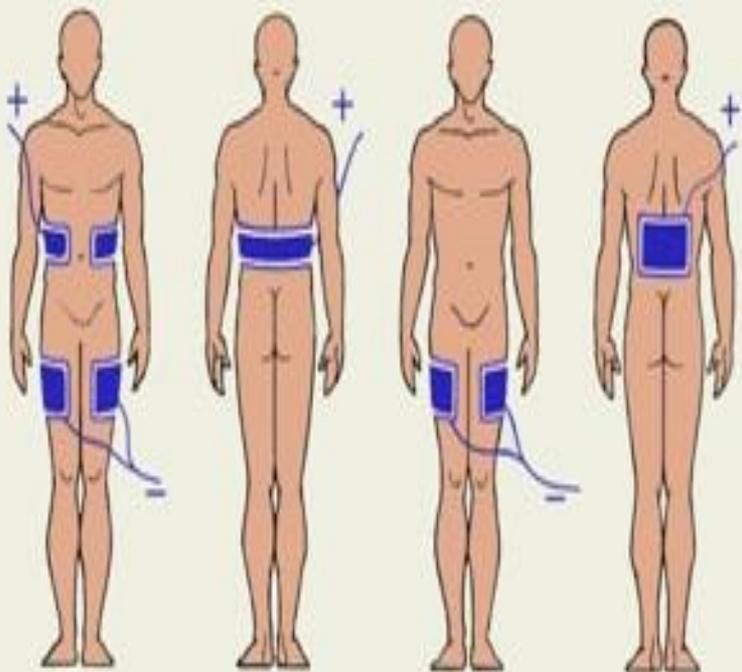
# ***Принцип действия лекарственного электрофореза:***

**Суть процедуры заключается в расположении лекарственного средства (раствора или геля) перпендикулярно движению электрического тока, т. е. между электродом и поверхностью кожи человека. В зависимости от способа наложения электродов и метода введения фармакопрепарата различают несколько методик лекарственного электрофореза:**



## ***Гальваническая (чрескожная) –***

**лекарственным раствором пропитывают марлевые или из фильтровальной бумаги прокладки, которые размещают на теле пациента с противоположных сторон патологического очага, чтобы создать поле, внутри которого будет двигаться лекарственное вещество. Внутри прокладок помещаются электроды, а сверху накрываются защитной пленкой;**



***Ванночковая*** – в специальную емкость (ванночка), которая уже оборудована электродами, наливается необходимый объем лекарственного раствора. Больной погружает в жидкость больную часть тела (руку или ногу);

***Полостная*** – в полые органы (желудок, мочевого пузыря и т.д.) вводится раствор лекарственного препарата, туда же помещается один из электродов, а второй располагается на поверхности тела;

***Внутритканевая*** – лекарственный препарат вводят перорально или инъекционно, после этого размещают электроды в области патологического очага. **Наибольшей эффективностью обладает внутритканевой электрофорез в терапии заболеваний органов дыхания** (бронхиты, ларингиты, трахеобронхиты и т.д.) Электрофорез позволяет доставить лекарственный препарат в неглубокие слои кожи – эпидермис и дерму, откуда он способен всасываться в кровь и лимфу через микрососуды

**Преимущества электрофореза перед методами введения лекарства через рот, внутривенно или внутримышечно:**

**Электрический ток позволяет активизировать физико-химические и обменные процессы, а также клеточные взаимодействия в тканях организма. Введение лекарственного препарата при помощи электрофореза имеет следующие преимущества перед доставкой вещества через рот, внутривенно или внутримышечно:**

- + пролонгированный эффект лекарства за счет создания в коже депо, и медленного высвобождения средства в кровоток;**
- + медленное выведение лекарства из организма;**
- + снижение эффективной терапевтической дозы;**
- + возможность доставить лекарство в нужную область организма;**
- + низкий риск развития побочных эффектов;**
- + доставка лекарственного препарата сразу в активированной форме;**
- + безболезненная доставка лекарства в нужную область тела;**
- + сохранность нормальной структуры тканей при введении лекарства.**

## ***Противопоказания к проведению***

***электрофореза:*** острые гнойные воспалительные заболевания, СН II—III степени, ГБ III стадии, лихорадка, тяжёлая форма бронхиальной астмы, дерматит или нарушение целостности кожи в местах наложения электродов, злокачественные новообразования. ***Учитываются противопоказания для лечебного вещества.***

***Вещества, используемые при электрофорезе, по способу введения разделяются на:***

***отрицательно заряженные***, вводимые с отрицательного полюса — катода (бромиды, йодиды, никотиновая кислота и другие);

***положительно заряженные***, вводимые с положительного полюса — анода (ионы металлов — магния, калия, кальция); вводимые как с анода, так и с катода (гумизоль, бишофит и другие).

# Контрольные вопросы

**Какие прямые  
электрокинетические явления  
возникают под действием  
внешнего электрического поля?**



# Основная литература

- 1. Физическая и коллоидная химия: учебник/ Под ред. проф. А.П.Беляева. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2010. – 704 с.: (2изд., 2014. - 752 с.)**
- 2. Слесарев В.И. Химия: Основы химии живого: Учебник для вузов. – СПб, 2007. – 784 с.**
- 3. Физическая и коллоидная химия. Задачник: учеб.пособие для вузов / А.П.Беляев, А.С.Чухно, Л.А.Бахолдина, В.В.Гришин; под ред. А.П. Беляева. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2014. – 288с.**
- 4. Электронные ресурсы**

# Дополнительная литература

- 1. Типовые расчеты по физической и коллоидной химии [Электронный ресурс] : учеб. пособие. - Режим доступа: <http://e.lanbook.com/view/book/45679/> А. Н. Васюкова, О. П. Задачаина, Н. В. Насонова [и др.] СПб. : Лань, 2014. ЭБС Лань**
- 2. Типовые расчеты по физической и коллоидной химии : учеб. пособие А. Н. Васюкова, О. П. Задачаина, Н. В. Насонова [и др.] СПб. : Лань, 2014.**
- 3. Физическая и коллоидная химия [Электронный ресурс] : учеб. для мед. вузов (с задачами и решениями). - Режим доступа: <http://ibooks.ru/reading.php?productid=351894> Н. Н. Муш камбаров М.: Флинта , 2015. ЭБС iBooks**

# Дополнительная литература

4. Физическая и коллоидная химия. Задачник : учеб. пособие . А. П. Беляев, А. С. Чухно, Л. А. Бахолдина [и др.] ; ред. А. П. Беляев М. : ГЭОТАР-Медиа, 2014.

5. Физическая и коллоидная химия. Задачник [Электронный ресурс] : учеб. пособие. - Режим доступа:

<http://www.studmedlib.ru/ru/book/ISBN9785970428443.html> А. П. Беляев, А. С. Чухно, Л. А. Бахолдина [и др.] ; ред. А. П. Беляев М. : ГЭОТАР-Медиа, 2014. ЭБС  
Консультант студента (ВУЗ)

6. Физическая и коллоидная химия. Практикум обработки экспериментальных результатов : учеб. пособие А. П. Беляев М. : ГЭОТАР-Медиа, 2015.

# Дополнительная литература

7. Физическая и коллоидная химия. Руководство к практическим занятиям : учеб. пособие ред. А. П. Беляев М. : ГЭОТАР-Медиа, 2012.

8. Физическая и коллоидная химия. Руководство к практическим занятиям [Электронный ресурс] : учеб. пособие. - Режим доступа:

<http://www.studmedlib.ru/ru/book/ISBN9785970422076.html>

ред. А. П. Беляев М. : ГЭОТАР-Медиа, 2012.

ЭБС Консультант студента (ВУЗ)

9. Физическая химия [Электронный ресурс] : учебник. - Режим доступа:

<http://www.studmedlib.ru/ru/book/ISBN9785970423905.html>

Ю. Я. Харитонов М. : ГЭОТАР-Медиа, 2013.

ЭБС Консультант студента (ВУЗ)

10. Химия: Основы химии живого : учеб. для вузов В. И. Слесарев СПб. : Химиздат, 2007. 299

# Спасибо за внимание



**Шиповник морщинистый**

[https://yandex.ru/images/search?img\\_url=http%3A%2F%2Fdata9.i.gallery.ru%2Falbums%2Fgallery%2F117660-6d008-22140991-m750x740.jpg&p=1&](https://yandex.ru/images/search?img_url=http%3A%2F%2Fdata9.i.gallery.ru%2Falbums%2Fgallery%2F117660-6d008-22140991-m750x740.jpg&p=1&)