

ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«СИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
МИНИСТЕРСТВА ЗДРАВООХРАНЕНИЯ И СОЦИАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

# **ФИЗИЧЕСКАЯ И КОЛЛОИДНАЯ ХИМИЯ**

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

Томск  
Сибирский государственный медицинский университет  
2011

УДК 544(075.8)  
ББК ГБ+Г6я7  
Ф505

Ф 505 **Физическая и коллоидная химия:** учебное пособие /  
Л.И. Олишевец, Е.Н. Тверякова, О.Г. Кузнецова,  
Л.П. Тимофеева. – Томск: СибГМУ, 2011. – 99 с.

Учебное пособие соответствует программе по физической и коллоидной химии для фармацевтических вузов и фармацевтических факультетов медицинских высших учебных заведений.

Учебное пособие предназначено для самостоятельной подготовки студентов к практическим занятиям. В нем представлены учебные вопросы по всем разделам изучаемой дисциплины и задачи для самоконтроля знаний.

УДК 544(075.8)  
ББК ГБ+Г6я7

**Рецензент:**

**И.А. Передерина** – канд. хим. наук, доцент кафедры химии Сибирского государственного медицинского университета

Утверждено и рекомендовано к печати учебно-методической комиссией фармацевтического факультета (протокол № 7 от 20.06.2011).

## СОДЕРЖАНИЕ

ТЕМА 1. ПЕРВЫЙ ЗАКОН ТЕРМОДИНАМИКИ. ТЕРМОХИМИЯ .	4
ТЕМА 2. ВТОРОЙ ЗАКОН ТЕРМОДИНАМИКИ.....	13
ТЕМА 3. ФАЗОВОЕ РАВНОВЕСИЕ.....	19
ТЕМА 4. КОЛЛИГАТИВНЫЕ СВОЙСТВА РАСТВОРОВ .....	22
ТЕМА 5. ДВОЙНЫЕ ЖИДКИЕ СИСТЕМЫ .....	26
ТЕМА 6. БУФЕРНЫЕ РАСТВОРЫ .....	30
ТЕМА 7. ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ПРОВОДИМОСТЬ РАСТВОРОВ .....	37
ТЕМА 8. ПОТЕНЦИОМЕТРИЯ .....	46
ТЕМА 9. ХИМИЧЕСКАЯ КИНЕТИКА И КАТАЛИЗ.....	51
ТЕМА 10. АДСОРБЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ НА ГРАНИЦЕ ЖИДКОСТЬ-ГАЗ.....	58
ТЕМА 11. АДСОРБЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ НА ГРАНИЦЕ ТВЕРДОЕ ТЕЛО - РАСТВОР .....	63
ТЕМА 12. АДСОРБЦИЯ НА ГРАНИЦЕ ЖИДКОСТЬ-ЖИДКОСТЬ. ЭМУЛЬСИИ.....	66
ТЕМА 13. СТРОЕНИЕ МИЦЕЛЛЫ ЛИОФОБНЫХ ЗОЛЕЙ.....	72
ТЕМА 14. УСТОЙЧИВОСТЬ, КОАГУЛЯЦИЯ И СТАБИЛИЗАЦИЯ ГИДРОФОБНЫХ ЗОЛЕЙ.....	77
ТЕМА 15. МОЛЕКУЛЯРНО-КИНЕТИЧЕСКИЕ И ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДИСПЕРСНЫХ СИСТЕМ.....	82
ТЕМА 16. КОЛЛОИДНАЯ ХИМИЯ ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ. НАБУХАНИЕ ВМС .....	86
ТЕМА 17. КОЛЛОИДНАЯ ХИМИЯ ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ. ВЯЗКОСТЬ РАСТВОРОВ ВМС .....	90
ТЕМА 18. СВОЙСТВА ГЕЛЕЙ И СТУДНЕЙ. КОЛЛОИДНЫЕ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫЕ ВЕЩЕСТВА.....	94

## **ПРЕДИСЛОВИЕ**

Дисциплина «Физическая и коллоидная химия» занимает важное место в системе подготовки специалистов, она предшествует изучению специальных профильных (и технологических) дисциплин.

Предлагаемое пособие обобщает многолетний опыт преподавания физической и коллоидной химии в СибГМУ. Материал пособия включает план занятий по всем основным разделам дисциплины: химическая термодинамика, фазовое равновесие, растворы, электрохимия, кинетика и катализ, поверхностные явления, свойства дисперсных систем, растворы ВМС, гели и студни, коллоидные ПАВ. В помощь студентам рекомендована литература.

В каждой теме дается её мотивация, формулируются цели, которые указывают на то, что студент должен знать и уметь, изучив материал, какие практические навыки должен получить в ходе выполнения лабораторной работы. Для самоконтроля знаний имеются теоретические вопросы и задачи.

Пособие предназначено для студентов фармацевтического и медико-биологического факультетов. Авторы надеются, что пособие окажется полезным при подготовке к практическим занятиям.

Все замечания и предложения будут приняты авторами с благодарностью.

### **ТЕМА 1. ПЕРВЫЙ ЗАКОН ТЕРМОДИНАМИКИ. ТЕРМОХИМИЯ**

#### **Учебные цели**

Первый закон термодинамики – закон сохранения энергии. Он устанавливает взаимосвязь между количеством поглощенной энергии, изменением внутренней энергии и совершаемой системой механической работой. Закон Гесса является частным случаем закона сохранения энергии и служит основой термохимии – учения о тепловых эффектах химических реакций. Термохимические данные используются в теоретической химии при вычислении энергии химических связей в молекулах, в инженерной практике – для составления тепловых балансов физико-химических процессов и для расчета констант равновесия. Закон Гесса позволяет использовать энтальпии сгорания

пищевых веществ для суждения об энергии окисления их в организме, что позволяет научно обосновать нормы потребления пищевых продуктов.

### **Изучив эту тему, вы должны**

**«знать» -**

1. Основные понятия физической химии.
2. Математическую запись и формулировки 1 закона термодинамики.
3. Закон Гесса и его доказательство.
4. Способы расчета тепловых эффектов.

**«уметь» -** Рассчитывать тепловые эффекты реакций по энтальпиям образования и энтальпиям сгорания, владеть методами алгебраического сложения и термохимических схем.

**«иметь практические навыки» -** Определять тепловой эффект реакции нейтрализации.

### **Учебные вопросы**

1. Основные понятия физической химии.
2. Первый закон термодинамики.
3. Термохимия. Закон Гесса. Расчет тепловых эффектов реакции.

### **Литература**

1. Беляев А.П., Кучук В.И., Евстратова К.И., Купина Н.А., Малахова Е.Е. Физическая и коллоидная химия: Учебник / под ред. проф. Беляева А.П. – М.: ГЭОТАР - Медиа, 2008. – С. 22-52.
2. Евстратова К.И., Купина Н.А., Малахова Е.Е. Физическая и коллоидная химия: учебник для фармацевтических ВУЗов и факультетов/ под ред. Евстратовой К.И. – М.: Высш. шк., 1990. – С. 12-21, 22-30.
3. Ершов Ю.А., Попков В.А., Берлянд А.С., Книжник А.З. Общая химия. Химия биогенных элементов: учебник для ВУЗов/ под ред. Ершова Ю.А. – 2-е изд., испр. и доп. – М: Высш. шк., 2000. – С. 11-21.
4. Олишевец Л.И. Физическая химия. Курс лекций. – Томск, 2006. – С. 7-17.

## **Методические указания студентам по подготовке к занятию**

Ввиду большого объема материала, на его изучение отводится 2 занятия. Первое занятие посвящено теоретическим вопросам, на втором – выполняется лабораторная работа «Тепловой эффект реакции нейтрализации».

### **Занятие первое**

При подготовке к занятию изучите материал, рассмотрев следующие вопросы

#### **I. Основные понятия физической химии**

1. Что такое система?
2. Какие системы называются изолированными, закрытыми, открытыми?
3. Как можно описать состояние системы?
4. Чем отличаются термодинамические параметры состояния от термодинамических функций?
5. Каким свойством обладают функции состояния? Приведите примеры функций состояния.
6. Что такое функция процесса?

#### **II. Первый закон термодинамики**

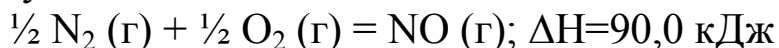
1. Математическая запись и формулировки первого закона термодинамики.
2. Из каких видов энергии складывается запас внутренней энергии?
3. На основании чего утверждается, что внутренняя энергия является функцией состояния?
4. Какие формы передачи энергии от одной системы к другой или от системы к окружающей среде предусматривает первый закон?
5. Чем отличаются формы передачи энергии друг от друга?
6. Что представляет собой вечный двигатель первого рода и почему он невозможен?

### III. Термохимия. Закон Гесса. Расчет тепловых эффектов реакций

1. Что называется тепловым эффектом реакции?
2. Чем занимается термохимия?
3. Сформулируйте и докажите закон Гесса при постоянном объеме и постоянном давлении.
4. Что такое энтальпия образования? Как рассчитываются тепловые эффекты реакций по энтальпиям образования?
5. Что такое энтальпия сгорания? Как рассчитываются тепловые эффекты реакций по энтальпиям сгорания?
6. Сущность метода алгебраического сложения.
7. Как строят термохимические схемы?

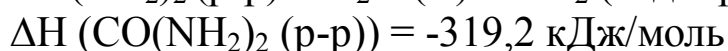
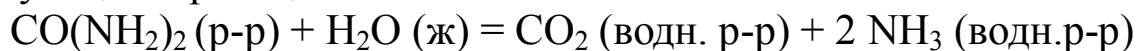
#### Вопросы и задачи для самоконтроля знаний

1. Какие из следующих термодинамических функций относятся к функциям состояния: теплота, работа расширения, внутренняя энергия, энтропия?
2. Напишите уравнение первого закона термодинамики для микро- и макропроцессов.
3. Теплота и работа – это функции состояния или функции процесса?
4. Какие существуют основные формулировки первого закона термодинамики?
5. Согласно первому закону термодинамики, теплота есть функция процесса. Закон Гесса утверждает, что теплота не зависит от пути процесса. Дайте объяснение этому противоречию.
6. Как рассчитать энтальпию образования органического соединения, располагая данными об энтальпиях сгорания соответствующих веществ?
7. Определите тепловой эффект реакции  $4\text{NO} (\text{г}) = 2\text{N}_2\text{O} (\text{г}) + \text{O}_2 (\text{г})$ , используя следующие данные:



Ответ:  $\Delta H = -196,0 \text{ кДж}$

8. Рассчитайте тепловой эффект реакции гидролиза мочевины, одного из важнейших продуктов жизнедеятельности организма, при 298 К, если известны стандартные энтальпии образования веществ, участвующих в реакции:



$$\Delta H (\text{H}_2\text{O} (\text{ж})) = -285,8 \text{ кДж/моль}$$

$$\Delta H (\text{CO}_2 (\text{водн.р-р})) = -413,6 \text{ кДж/моль}$$

$$\Delta H (\text{NH}_3 (\text{водн.р-р})) = -79,9 \text{ кДж/моль}$$

Ответ: 31,6 кДж/моль.

### В рабочей тетради

1. Запишите формулы по теоретической части.
2. Докажите справедливость закона Гесса при постоянном объеме и постоянном давлении.
3. Решите предложенные в методическом пособии задачи.
4. Подготовьтесь к выполнению самостоятельной работы по пройденной теме.

### Образец билета

1. Что такое функция состояния? Приведите примеры.
2. Какие виды энергии включаются в понятие «внутренняя энергия»?
3. Как формулируется I закон термодинамики?
4. Что называется тепловым эффектом реакции? О чем говорит основной закон термохимии - закон Гесса?
5. Расчет тепловых эффектов по энтальпиям сгорания. Что такое энтальпия сгорания?
6. Какое количество теплоты выделится при окислении 90 г глюкозы по уравнению



$$\Delta H^0_{\text{обр}} (\text{CO}_2) = -393 \text{ кДж/моль;}$$

$$\Delta H^0_{\text{обр}} (\text{H}_2\text{O}) = -286 \text{ кДж/моль;}$$

$$\Delta H^0_{\text{обр}} (\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = -1273 \text{ кДж/моль при стандартных условиях?}$$

Ответ: -1400,5 кДж

Сделайте конспект лабораторной работы «Тепловой эффект реакции нейтрализации».



## Занятие второе

### Лабораторная работа «Тепловой эффект реакции нейтрализации»

#### **Мотивация темы**

Термохимия изучает тепловые эффекты химических реакций. Сюда относится экспериментальное определение тепловых эффектов, их сопоставление и систематика, а также установление закономерностей, позволяющих рассчитать тепловые эффекты для процессов, в которых их экспериментальное определение не возможно.

Термохимия имеет как теоретическое, так и практическое значение. С помощью тепловых эффектов реакций можно получить сведения о химическом равновесии, об энергии химических связей и их прочности.

На основании данных калорийности пищевых продуктов составляются научно обоснованные нормы потребности в пищевых веществах для отдельных групп населения с учётом энергетических затрат.

Термохимический анализ применяется для исследования стадий биологического окисления, мышечного сокращения и некоторых физиологических процессов в клетках. Сравнение энергетики здоровых и больных клеток позволяет изучать различные патологические явления, разрабатывать диагностику и методы лечения некоторых заболеваний на ранних стадиях. На основании глубокого изучения энергетики процесса ожирения можно делать заключение о том, как протекает обмен веществ в организме.

#### **Цель работы**

1. Освоить метод калориметрического определения тепловых эффектов химических процессов.
2. Определить тепловой эффект реакции нейтрализации сильной кислоты сильным основанием.
3. Подтвердить справедливость закона постоянства теплот нейтрализации.
4. Рассчитать ошибку эксперимента.

#### **Оснащение**

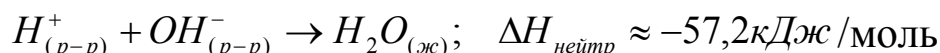
1. Прибор для определения теплового эффекта – сосуд Дьюара.

2. Термометр.
3. Весы технические.
4. Секундомер.
5. Реактивы: растворы NaOH, HCl с молярной концентрацией 2 моль/л, сухая соль KCl (квалификации «хч»), дистиллированная вода.
6. Посуда: мерные цилиндры емкостью от 250 до 500 мл.

### Теоретическая часть

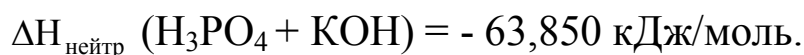
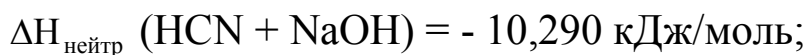
Одним из признаков химического взаимодействия между компонентами системы является изменение ее энергии. Для сопоставления изменения энергии при различных реакциях пользуются величиной теплового эффекта реакции.

Сильные электролиты в водных растворах полностью диссоциируют на ионы, поэтому реакция нейтрализации сильной кислоты сильным основанием сводится к соединению 1 моль гидратированных ионов водорода с 1 моль гидроксид-ионов по уравнению:



Теплота нейтрализации эквивалентных количеств сильных кислот и оснований при достаточном разбавлении одна и та же и приблизительно равна -57,2 кДж/моль.

Если кислота, основание или оба компонента - слабые электролиты, то в этом случае протекают два процесса: процесс диссоциации слабого электролита и процесс нейтрализации, и теплота нейтрализации отлична от -57,2 кДж/моль (-13,66 ккал/моль). Например,



### Порядок выполнения работы

Измерение теплового эффекта производится в сосуде Дьюара. Калориметрический опыт делят на три периода:

1. Предварительный период – 5 минут.
2. Главный период – время протекания изучаемого процесса.
3. Заключительный период – 5 минут.

## Определение постоянной калориметра

Перед измерением тепловых эффектов необходимо определить постоянную калориметра ( $K$ ).

$K$  – количество теплоты, необходимое для нагревания калориметра на  $1^\circ$ . Эта постоянная зависит от теплоемкости всех составных частей калориметра. При нагревании калориметра на  $\Delta t$  потребуется тепла

$$\Delta H = K \cdot \Delta t$$

Постоянную калориметра можно определить по известной теплоте растворения какой-либо соли ( $KCl$ ,  $KNO_3$ ,  $NH_4Cl$  и др.).

Для определения константы калориметра наливают в сосуд Дьюара 500 мл воды. На технических весах берут навеску соли  $KCl$  0,2 моль (14,90 г) с точностью до 0,01 г.

1. Предварительный период. Начинают перемешивать воду мешалкой и записывают показания термометра через каждую минуту в течение 5 минут.
2. Главный период. Быстро высыпают соль в воду при перемешивании, фиксируют изменение температуры через 0,5 мин до полного растворения соли.
3. Заключительный период. Отсчет температуры производят через 1 мин в течение 5 минут.

На основании полученных данных строят график  $t^\circ = f(\tau)$  для определения действительного изменения температур при растворении соли  $KCl$ .

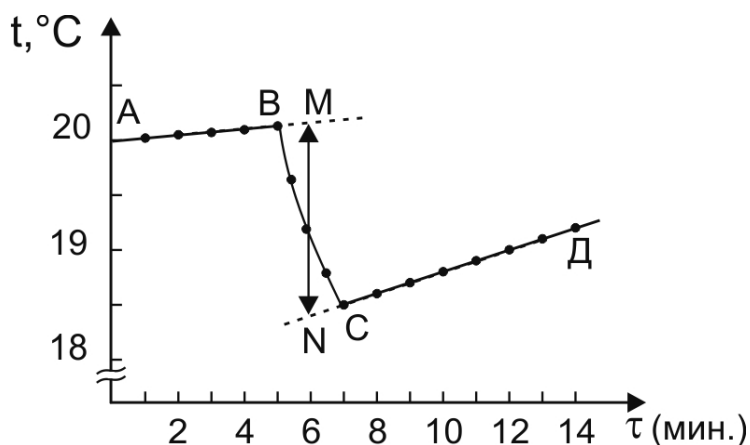


Рис.1. Зависимость изменения температуры растворения соли  $KCl$  от времени.

АВ – предварительный период

ВС – главный период

СД – заключительный период.

Чтобы определить  $\Delta t$ , главный период опыта делят на 2 части и через середину восстанавливают перпендикуляр. Далее кривые АВ и СД продолжают до пересечения с этим перпендикуляром. Расстояние между полученными точками MN соответствует тому изменению температуры, которое имело бы место, если бы удалось сократить до нуля продолжительность главного периода и устранить в тот период влияние теплообмена с окружающей средой. Отрезок MN будет равен действительному изменению температуры  $\Delta t$ . Постоянная калориметра определяется по уравнению:

$$K = \frac{\Delta H_{\text{раств-я}}(\text{KCl}) \cdot m_{\text{KCl}}}{\Delta t \cdot M(\text{KCl})},$$

где  $\Delta H_{\text{раств-я}}(\text{KCl}) = 18,3 \text{ кДж/моль} = 4,37 \text{ ккал/моль}$  при  $20^\circ\text{C}$   
 $(\Delta H_{\text{раств-я}}(\text{KCl}) - \text{теплота растворения 1 моль KCl})$   
 $m_{\text{KCl}} - \text{масса навески KCl, г;}$   
 $M(\text{KCl}) - \text{молярная масса KCl, г/моль.}$

### **Определение теплоты нейтрализации сильной кислоты сильным основанием**

В сосуд Дьюара наливают 250 мл раствора NaOH с концентрацией 2 моль/л и измеряют температуру щелочи в течение 5 минут. Затем сюда же приливают 250 мл раствора HCl с концентрацией 2 моль/л. Перемешивая раствор, измеряют температуру в главном и заключительном периодах по описанной выше методике. Затем строят график зависимости температуры реакции нейтрализации от времени и графическим путем определяют  $\Delta t$  нейтрализации. Тепловой эффект рассчитывается по формуле:

$$\Delta H_{\text{нейтрализации}} = \frac{K \cdot \Delta t_{\text{нейтр}}}{C_{\text{щ}} \cdot V_{\text{щ}}}$$

где  $\Delta H_{\text{нейтрализации}} - \text{теплота нейтрализации, кДж/моль;}$   
 $C_{\text{щ}} - \text{концентрация щелочи, моль/л;}$   
 $V_{\text{щ}} - \text{объем щелочи, л;}$   
 $K - \text{константа калориметра, кДж/град.}$

## Расчет ошибки эксперимента

Абсолютная ошибка

$$D = \left| \text{полученное значение} - \text{истинное значение} \right|$$

Относительная ошибка

$$D_o = \frac{D}{\text{истинное значение}} 100\%$$

### Контрольные вопросы

1. Как экспериментально определить тепловой эффект реакции?
2. Что такое теплота образования? Расчёт тепловых эффектов по теплотам образования.
3. Что такое теплота сгорания? Расчёт тепловых эффектов по теплотам сгорания.
4. Сформулируйте закон постоянства теплот нейтрализации. Для каких систем он справедлив?

## ТЕМА 2.

### ВТОРОЙ ЗАКОН ТЕРМОДИНАМИКИ

#### Учебные цели

Как известно, первый закон термодинамики устанавливает соотношение, связывающее внутреннюю энергию системы с количеством теплоты и совершенной работы, т.е. позволяет составить энергетический баланс процесса. Однако первый закон не рассматривает вопросов, связанных с возможностью протекания и направлением процессов. Так, с помощью закона Гесса можно рассчитать тепловые эффекты реакций, как протекающих самопроизвольно, так и вообще реально не существующих.

Смысл и значение второго закона термодинамики заключается в том, что он устанавливает: какие из возможных процессов могут самопроизвольно протекать в данной системе при данных условиях; какая полезная работа при этом может быть получена; каков предел самопроизвольного течения процессов, т.е. каково состояние равновесия систем при заданных условиях, чтобы данный процесс мог протекать в нужном направлении и в требуемой степени. Перечисленные вопросы имеют большое значение для решения многочисленных научных и технологических задач.

## **Изучив эту тему, вы должны**

### **«знать» -**

1. Формулировки и математические выражения второго закона термодинамики.
2. Сущность энтропии и её статистическую природу.
3. Использование второго закона для предсказания возможности самопроизвольных процессов в изолированных и закрытых системах.
4. Уравнение изотермы химической реакции, его анализ и использование.

### **«уметь рассчитывать» -**

1. Изменение энтропии в результате химической реакции.
2. Изменение энергии Гиббса и энергии Гельмгольца при данной температуре.
3. Константу химического равновесия при заданной температуре, состав равновесной смеси, исходные концентрации реагирующих веществ.

## **Учебные вопросы**

1. Второй закон термодинамики.
2. Химическое равновесие.
3. Термодинамические потенциалы.
4. Уравнение изотермы реакции Вант-Гоффа.

## **Литература**

1. Беляев А.П., Кучук В.И., Евстратова К.И., Купина Н.А., Малахова Е.Е. Физическая и коллоидная химия: Учебник / Под ред. проф. Беляева А.П. – М.: ГЭОТАР - Медиа, 2008. – С. 53-71, 91-96, 99-112.
2. Евстратова К.И., Купина Н.А., Малахова Е.Е. Физическая и коллоидная химия: учебник для фармацевтических ВУЗов и факультетов/ под ред. Евстратовой К.И. – М.: Высш. шк., 1990. – стр. 35-39, 41-45, 50-54, 56-60.
3. Олишевец Л.И. Физическая химия. Курс лекций. Томск, 2006. – С. 17-39.

4. Ершов Ю.А., Попков В.А., Берлянд А.С., Книжник А.З. Общая химия. Химия биогенных элементов: учебник для ВУЗов/ под ред. Ершова Ю.А. – 2-е изд., испр. и доп. – М: Высш. шк., 2000. – С. 21-40.

### **Методические указания студентам по подготовке к занятию**

Ввиду сложности и большого объема материала, на его изучение отводится 2 занятия. Первое семинарское занятие посвящено вопросам № 1 и 2; на втором рассматриваются вопросы № 3 и 4.

#### **Занятие первое**

При подготовке к занятию повторите, что такое химическое равновесие, как рассчитывается константа равновесия, какие факторы влияют на нее, принцип Ле Шателье и изучите материал, рассмотрев следующие вопросы:

#### **I. Второй закон термодинамики**

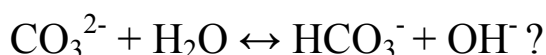
1. Раскройте содержание таких понятий как обратимые, необратимые, самопроизвольные и несамопроизвольные процессы. Приведите примеры.
2. Устройство тепловой машины и расчет КПД.
3. Сделайте вывод второго закона термодинамики и запишите его как для обратимых, так и для необратимых процессов.
4. Какие существуют формулировки второго закона термодинамики?
5. Раскройте смысл энтропии.
6. Использование энтропии как критерия возможности и направленности процесса в изолированных системах.

#### **II. Химическое равновесие**

1. При каких условиях устанавливается химическое равновесие?
2. Выведите уравнение для расчета константы равновесия.
3. Как рассчитывается константа равновесия для гомогенных и гетерогенных реакций?
4. Какие факторы влияют на константу равновесия?
5. Сформулируйте принцип Ле Шателье – Брауна и покажите его применение к конкретным реакциям.
6. Что такое  $K_c$  и  $K_p$ ? Могут ли совпадать их значения?

## Вопросы и задачи для самоконтроля знаний

1. Запишите уравнение, которое отражает свойство энтропии быть критерием направления самопроизвольных процессов и равновесия.
2. Какие параметры системы необходимо поддерживать постоянными, чтобы по знаку изменения энтропии можно было бы судить о направлении самопроизвольного протекания процесса?
3. Укажите знак изменения энтропии ( $\Delta S$ ) для реакций:
  - 1)  $\text{NH}_3 (\text{г}) + \text{HCl} (\text{г}) = \text{NH}_4\text{Cl} (\text{тв})$ ;
  - 2)  $\text{COCl}_2 (\text{г}) = \text{CO} (\text{г}) + \text{Cl}_2 (\text{г})$ ;
  - 3)  $\text{PCl}_3 (\text{г}) + \text{Cl}_2 (\text{г}) = \text{PCl}_5 (\text{г})$ .
4. Расположите системы в порядке увеличения энтропии ( $\Delta S$ ):
  - 1) 1 моль  $\text{H}_2\text{O} (\text{г})$  при  $100^\circ\text{C}$
  - 2) 1 моль  $\text{H}_2\text{O} (\text{тв})$  при  $0^\circ\text{C}$
  - 3) 1 моль  $\text{H}_2\text{O} (\text{г})$  при  $120^\circ\text{C}$
  - 4) 1 моль  $\text{H}_2\text{O} (\text{ж})$  при  $25^\circ\text{C}$
5. Как изменится энтропия изолированной системы, в которой обратимо кристаллизуется вещество?
6. Дайте кинетический вывод закона действующих масс.
7. Какими уравнениями выражается константа равновесия для реакций:
  - 1)  $2\text{A} (\text{г}) + \text{B} (\text{г}) = 2\text{C} (\text{г}) + \text{D} (\text{г})$ ;
  - 2)  $\text{A} (\text{г}) + 3\text{B} (\text{г}) = \text{C} (\text{г}) + \text{D} (\text{тв})$ .
8. В каком направлении сместится равновесие при прибавлении к раствору щелочи



## В рабочей тетради

1. Дайте схему тепловой машины.
2. Выведите аналитическое выражение второго закона термодинамики  $dS \geq \frac{\delta Q}{T}$ .
3. Начертите график изменения энтропии в ходе процесса.
4. Выведите формулу для расчета константы равновесия.
5. Дайте ответы на вопросы и задачи для самоконтроля.



## Занятие второе

При подготовке к занятию изучите материал, рассмотрев следующие вопросы

### **III. Термодинамические потенциалы**

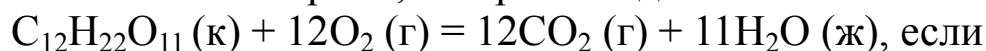
1. Почему энтропия не является универсальным критерием возможности и направленности процессов?
2. Дайте вывод объединенных уравнений первого и второго законов термодинамики.
3. Покажите, что функция  $F = U - TS$  является изохорно-изотермическим потенциалом.
4. Покажите, что функция  $G = H - TS$  является изобарно-изотермическим потенциалом.
5. Каково изменение энергии Гельмгольца и энергии Гиббса в ходе самопроизвольного и несамопроизвольного процессов? Изобразите изменение  $\Delta F$  и  $\Delta G$  графически.

### **IV. Уравнение изотермы реакции Вант-Гоффа**

1. Запишите уравнение изотермы реакции Вант-Гоффа и проведите его анализ:
  - а) какие концентрации используются в первом и во втором членах скобки?
  - б) в каком случае реакция идет самопроизвольно в прямом направлении?
  - в) при каком условии реакция в прямом направлении не идет?
  - г) какому состоянию отвечает условие  $\Delta G = 0$  и  $\Delta F = 0$ ?
  - д) как называются потенциалы, если исходные концентрации равны единице?
  - е) что такое химическое сродство, что является мерой химического сродства?
2. Особенности использования уравнений изотермы реакции Вант-Гоффа:
  - а) все ли реакции, для которых  $\Delta G < 0$ , идут самопроизвольно в прямом направлении?
  - б) все ли реакции, для которых  $\Delta G < 0$ , являются обратимыми?
  - в) в каком случае реакция не будет протекать ни при каких условиях?
  - г) можно ли в принципе провести реакцию, для которой  $\Delta G > 0$  при указанных условиях?

## Вопросы и задачи для самоконтроля знаний

1. За счет чего совершается максимальная работа химической реакции при постоянных объеме и температуре?
2. Сформулируйте условия самопроизвольного протекания реакций, сопровождающихся:
  - 1) увеличением энтропии и энтальпии;
  - 2) уменьшением энтальпии и энтропии;
  - 3) увеличением энтропии и уменьшением энтальпии;
  - 4) уменьшением энтропии и увеличением энтальпии.
3. Для каких условий справедливо уравнение  $\Delta H = T\Delta S$ ?
4. Для некоторой реакции  $\Delta H = 100$  кДж/моль, а  $\Delta S = 40$  Дж/моль·К. При какой температуре установится равновесие, если  $\Delta H$  и  $\Delta S$  от температуры не зависят? Ответ: 2500 К
5. Изменение стандартной свободной энергии Гиббса для одной реакции  $\Delta G_1 = -35$  кДж/моль, а для другой  $\Delta G_2 = -25$  кДж/моль. Какая из двух реакций характеризуется большей величиной константы равновесия? Какая реакция протекает полнее?
6. Рассчитайте изменение энергии Гиббса в процессе усвоения в организме человека сахарозы, который сводится к её окислению:



$$\Delta G C_{12}H_{22}O_{11} = -1545 \text{ кДж/моль}$$

$$\Delta G CO_2 = -394 \text{ кДж/моль}$$

$$\Delta G H_2O = -237 \text{ кДж/моль}$$

Ответ: -5790 кДж/моль

7. В каком направлении пойдет реакция  $\frac{1}{2}H_2 + \frac{1}{2}I_2 = HI$ , для которой  $K_c = 6,76$ , а концентрации  $\dot{C}(H_2) = \dot{C}(I_2) = \dot{C}(HI)$ ?

Ответ: в прямом направлении

## В рабочей тетради

1. Сделайте математические выводы объединенных уравнений первого и второго законов термодинамики, энергии Гельмгольца и энергии Гиббса.
2. Графически покажите изменение термодинамических потенциалов в ходе самопроизвольного и несамопроизвольного процессов.
3. Запишите уравнение изотермы реакции Вант-Гоффа.
4. Ответьте на вопросы и задачи для самоконтроля.
5. Выпишите все математические формулы изученной темы.

## ТЕМА 3. ФАЗОВОЕ РАВНОВЕСИЕ

### Учебные цели

На занятии будет рассмотрено равновесие в гетерогенных системах, в которых отсутствует химическое взаимодействие между компонентами, а происходит только переход компонентов из одной фазы в другую.

При изучении фазовых равновесий широко пользуются диаграммами состояния, на которых отражается зависимость состояния системы от внешних условий или от состава системы. Расшифровка диаграммы состоит в объяснении значений каждой линии, точки, плоскости, а также физического смысла того или иного геометрического образа. Диаграмма состояния, построенная в масштабе по нескольким опытным данным, позволяет определить состояние системы при любых заданных условиях. Так, в фармации, пользуясь диаграммами состояния, можно:

- предусмотреть и устранить «несовместимость физическую» (отсыревание порошков, расслоение эмульсий) и «несовместимость химическую» (взаимодействие между компонентами с образованием новых соединений),
- улучшить качество лекарств,
- увеличить биологическую доступность,
- подбирать состав основ для суппозиторий (медицинские свечи) и т.д.

### **Изучив тему, вы должны**

#### **«знать» -**

1. Правило фаз Гиббса.
2. Диаграмму состояния воды.
3. Сущность термического анализа и принцип построения по кривым охлаждения диаграммы состояния двухкомпонентной системы.
4. Анализ диаграммы состояния двухкомпонентной системы без химических соединений, твердых растворов и одной эвтектикой.

#### **«уметь рассчитывать» -**

1. Число независимых компонентов.

2. Число равновесных фаз.
3. Число степеней свободы.

### Учебные вопросы

1. Правило фаз Гиббса.
2. Диаграмма состояния воды.
3. Термический анализ.
4. Диаграмма состояния двухкомпонентной системы без химических соединений, твердых растворов и одной эвтектикой.

### Литература

1. Беляев А.П., Кучук В.И., Евстратова К.И., Купина Н.А., Малахова Е.Е. Физическая и коллоидная химия: Учебник / Под ред. проф. Беляева А.П. – М.: ГЭОТАР - Медиа, 2008. – С. 113-129, 179-181.
2. Евстратова К.И., Купина Н.А., Малахова Е.Е. Физическая и коллоидная химия: учебник для фармацевтических ВУЗов и факультетов/ под ред. Евстратовой К.И. – М.: Высш. шк., 1990. – С. 61-68; 85-88; 90-93.
3. Олишев Л.И. Физическая химия. Курс лекций. Томск, 2006. – С. 39-48.

### Методические указания студентам по подготовке к занятию

При подготовке к занятию изучите материал, рассмотрев следующие вопросы

#### I. Правило фаз Гиббса

1. Что такое система? Какая система называется гетерогенной? Что понимается под фазовым равновесием?
2. Запишите правило фаз Гиббса и раскройте смысл понятий: а) составляющее вещество (компонент); б) число независимых компонентов; в) степень свободы.
3. Классификация систем: а) по числу компонентов; б) по числу фаз; в) по числу степеней свободы.

## **II. Диаграмма состояния воды**

1. Начертите диаграмму состояния воды и раскройте смысл полей, пограничных линий и тройной точки.
2. Подсчитайте число степеней свободы на пограничных линиях, полях, тройной точке.
3. Запишите уравнение Клапейрона-Клаузиуса и опишите с его помощью линии испарения, сублимации и плавления.

## **III. Термический анализ**

1. Сущность метода и его разновидности.
2. Принципы непрерывности и соответствия.
3. Анализ кривых охлаждения одно- и двухкомпонентных систем. Построение диаграммы состояния по кривым охлаждения.

## **IV. Диаграмма состояния двухкомпонентной системы без химических соединений, твердых растворов и одной эвтектикой**

1. Раскройте смысл полей, пограничных линий и эвтектической точки.
2. Рассчитайте число степеней свободы в полях, на линиях ликвидуса и солидуса.
3. На диаграмме проследите за изменениями в системе заданного состава при её охлаждении: при какой температуре начинается кристаллизация вещества; до какой температуры система остается двухфазной; как меняется состав расплава; при каких условиях начинается совместная кристаллизация компонентов.
4. Начертите для рассмотренной системы кривую охлаждения в соответствии с диаграммой состояния.
5. Эвтектические смеси, их применение.
6. Значение диаграмм в фармации.

## **Вопросы и задачи для самоконтроля знаний**

1. В каком случае число составляющих веществ не равно числу независимых компонентов?
2. Как изменяется температура плавления льда при повышении давления? С чем это связано?
3. Объясните при помощи уравнения Клапейрона-Клаузиуса, почему давление насыщенного пара над жидкостью растет при увеличении температуры.

4. Система, состоящая из водного раствора натрия сульфата, кристаллов этой соли и водяного пара, находится при постоянном давлении. Сколько степеней свободы имеет данная система?

Ответ:  $c = 0$

5. Камфора (компонент А) и тимол (компонент В) неограниченно взаимно растворимы в жидком и нерастворимы в твердом состоянии. Постройте диаграмму состояния камфора-тимол по следующим данным:

Содержание А, %	100	80	60	40	20	0
Т начала кристаллизации, °С	170	100	20	35	45	50

Температура кристаллизации эвтектики  $20^{\circ}\text{C}$ , состав эвтектики 60% А и 40% В. Что представляет собой система, состоящая из 10% В и 90% А при  $180^{\circ}\text{C}$ ? Какой компонент будет первым кристаллизоваться при охлаждении системы? Что произойдет с системой, если её охладить до  $60^{\circ}\text{C}$ ? Сколько степеней свободы у системы в этом состоянии?

### В рабочей тетради

1. Запишите правило фаз Гиббса.
2. Начертите диаграмму состояния воды.
3. Подсчитайте число степеней свободы в поле, на линии и в тройной точке.
4. Начертите ряд кривых охлаждения и постройте диаграмму состояния.

## ТЕМА 4. КОЛЛИГАТИВНЫЕ СВОЙСТВА РАСТВОРОВ

### Учебные цели

Жидкие растворы играют важную роль в природе. Все природные воды (морская, речная, минеральная) являются растворами. Растворы различных солей содержатся в клетках человека, животных и растений. Важнейшие биологические жидкости – кровь, лимфа, моча, слюна, пот – это растворы солей, белков, углеводов, липидов в воде. Большое применение имеют растворы в химической технологии, лабораторной практике, медицине, быту.

Жидкие растворы по своей природе, свойствам, характеру взаимодействия между частицами очень разнообразны, поэтому очень трудно создать единую теорию, которая давала бы возможность предсказывать свойства раствора, исходя из свойств чистых компонентов в свободном состоянии и состава раствора.

Однако существуют коллигативные свойства, зависящие от количества частиц растворенного вещества и не зависящие от их природы, которые подчиняются ряду законов. Их необходимо учитывать, в частности, в фармацевтической и медицинской практике.

### **Изучив тему, вы должны**

**«знать» -**

1. Растворы, их классификации. Способы выражения концентрации растворов.
2. Закон Рауля для разбавленных растворов неэлектролитов.
3. Следствия закона о повышении температуры кипения и понижении температуры замерзания раствора.
4. Осмос, осмотическое давление. Закон Вант-Гоффа.
5. Причины отклонения растворов электролитов от законов идеальности.

**«уметь рассчитывать» -**

1. Состав раствора любым из 5 изученных способов.
2. Давление пара над раствором заданной концентрации.
3. Температуру кипения и температуру замерзания раствора.
4. Осмотическое давление.
5. Изотонический коэффициент и степень диссоциации раствора электролита.

### **Учебные вопросы**

1. Растворы: классификация, способы выражения концентрации растворов.
2. Закон Рауля для разбавленных растворов неэлектролитов. Следствия закона о повышении температуры кипения и понижении температуры замерзания раствора.
3. Осмос, осмотическое давление, закон Вант-Гоффа.

## Литература

1. Беляев А.П., Кучук В.И., Евстратова К.И., Купина Н.А., Малахова Е.Е. Физическая и коллоидная химия: Учебник / Под ред. проф. Беляева А.П. – М.: ГЭОТАР - Медиа, 2008. – С. 130-139.
2. Евстратова К.И., Купина Н.А., Малахова Е.Е. Физическая и коллоидная химия: учебник для фармацевтических ВУЗов и факультетов/ под ред. Евстратовой К.И. – М.: Высш. шк., 1990. – С. 68-71, 74-82.
3. Ершов Ю.А., Попков В.А., Берлянд А.С., Книжник А.З. Общая химия. Химия биогенных элементов: учебник для ВУЗов / под ред. Ершова Ю.А. – 2-е изд., испр. и доп. – М: Высш. шк., 2000. – С. 42-51, 66-76.
4. Олишевец Л.И. Физическая химия. Курс лекций. Томск, 2006. – С. 60-74.

### Методические указания студентам по подготовке к занятию

При подготовке к занятию изучите материал, рассмотрев следующие вопросы

#### **I. Растворы: классификация, способы выражения концентрации растворов**

1. По каким признакам классифицируют жидкие растворы?
2. Какой компонент раствора называют растворителем?
3. Какие способы выражения концентрации существуют?
4. Как рассчитывается молярная доля вещества?
5. Раскройте содержание понятий: молярная, моляльная концентрация, молярная концентрация эквивалента, массовая доля.

#### **II. Закон Рауля для разбавленных растворов неэлектролитов. Следствия закона о повышении температуры кипения и понижении температуры замерзания раствора**

1. Какой компонент раствора создает над ним пар?
2. Почему понижается давление пара растворителя над раствором?
3. Запишите закон Рауля для растворов неэлектролитов в двух вариантах.
4. При каком условии начинается процесс кипения?
5. Покажите на графике, что раствор большей концентрации закипает при более высокой температуре.





8. Какова степень диссоциации хлоруксусной кислоты в растворе, содержащем в 100 г воды 1 г хлоруксусной кислоты, если понижение температуры замерзания этого раствора 0,218?

Ответ:  $\alpha = 0,11$

### **В рабочей тетради**

1. Запишите все формулы, по которым рассчитываются величины коллигативных свойств.
2. Начертите график, показывающий, что раствор имеет более высокую температуру кипения и более низкую температуру замерзания, чем растворитель.

## **ТЕМА 5. ДВОЙНЫЕ ЖИДКИЕ СИСТЕМЫ**

### **Учебные цели**

В производственных условиях довольно часто приходится иметь дело со смесями жидкостей, которые характеризуются: а) полной взаимной растворимостью (этанол-вода); б) ограниченной взаимной растворимостью (анилин-вода); в) полной нерастворимостью (эфирные масла-вода).

Фазовые диаграммы систем (а) строят в координатах «давление пара-состав» при постоянной температуре или «температура-состав» при постоянном давлении. Диаграммы такого типа имеют большое практическое значение в процессе разделения смеси путем перегонки.

Фазовые диаграммы систем (б) строят в координатах «температура-состав системы». Анализ диаграмм позволяет судить о влиянии температуры на взаимную растворимость жидкостей, о составе равновесных слоев, об условиях, при которых система становится однородной.

Для систем (в) характерно, что температура кипения смеси ниже температуры кипения чистых компонентов. На этом основана перегонка с водяным паром. Системы (в) используются при экстракции.

Перечисленные методы разделения жидких систем, извлечения веществ из жидких смесей и их очистки (перегонка, экстракция, перегонка с водяным паром) нашли широкое применение в химической, пищевой, фармацевтической промышленности.

## **Изучив тему, вы должны**

### **«знать» -**

1. Закон Рауля для идеальных двойных жидких систем.
2. Диаграммы равновесия «жидкость-пар» для систем с полной взаимной растворимостью. Законы Коновалова и теоретические основы перегонки.
3. Диаграмму состояния для систем с ограниченной взаимной растворимостью компонентов, её анализ. Правило Алексеева.
4. Закон Нернста и принцип экстракции.
5. Перегонку с водяным паром.

### **«уметь рассчитывать» -**

1. Давление пара над двойной жидкой системой.
2. Степень свободы системы.
3. Количество экстрагированного вещества и эффективность процесса экстракции.

## **Учебные вопросы**

1. Системы с полной взаимной растворимостью компонентов.
2. Системы с ограниченной взаимной растворимостью компонентов.
3. Нерастворяющиеся жидкости.

## **Литература**

1. Беляев А.П., Кучук В.И., Евстратова К.И., Купина Н.А., Малахова Е.Е. Физическая и коллоидная химия: Учебник / Под ред. проф. Беляева А.П. – М.: ГЭОТАР - Медиа, 2008. – С. 156-172, 187-198.
2. Евстратова К.И., Купина Н.А., Малахова Е.Е. Физическая и коллоидная химия: учебник для фармацевтических ВУЗов и факультетов/ под ред. Евстратовой К.И. – М.: Высш. шк., 1990. – С. 93-113.
3. Ершов Ю.А., Попков В.А., Берлянд А.С., Книжник А.З. Общая химия. Химия биогенных элементов: учебник для ВУЗов / под ред. Ершова Ю.А. – 2-е изд., испр. и доп. – М: Высш. шк., 2000. – С. 77-78.
4. Олишевец Л.И. Физическая химия. Курс лекций. – Томск, 2006. – С. 48-60.

## Методические указания студентам по подготовке к занятию

При подготовке к занятию повторите правило фаз Гиббса для расчета числа степеней свободы и изучите материал, рассмотрев следующие вопросы

### I. Системы с полной взаимной растворимостью компонентов

1. Идеальные двойные жидкие системы. Вывод формулы для расчета полного давления пара над системой. Закон Рауля. Диаграмма состояния идеальной системы.
2. Отклонения от законов идеальности, их причины.
3. Диаграммы состояния: «давление-состав», «температура-состав», их анализ. Законы Коновалова. Азеотропные смеси.
4. Перегонка как метод разделения жидких смесей на исходные компоненты. Ректификация, её использование для получения медицинского спирта.

### II. Системы с ограниченной взаимной растворимостью компонентов

1. Диаграмма состояния «температура-состав»: смысл полей, пограничных линий, подсчет числа степеней свободы в полях и пограничной линии.
2. Влияние температуры на растворимость компонентов. Верхняя и нижняя критические температуры расслоения.
3. Правило Алексеева.

### III. Нерастворяющиеся жидкости

1. Перегонка с водяным паром, её особенности.
2. Получение ароматных вод.
3. Третий компонент в двухслойной жидкой системе. Закон распределения Нернста. Экстракция. Вывод формулы для расчета количества вещества, оставшегося после экстракции.

### Вопросы для самоконтроля знаний

1. На диаграмме состояния идеальной двойной жидкой системы возьмите систему состава  $N_1$ , обогащенную компонентом В. Покажите, каковы парциальные давления компонентов А и В и каково полное давление пара.

2. Какой компонент называется более летучим? Покажите на диаграмме «температура-состав», что пар, равновесный с жидкой фазой, обогащен более летучим компонентом.
3. Почему при постоянном давлении нельзя перегонкой разделить азеотропную смесь на исходные компоненты?
4. С помощью диаграммы состояния докажите, что в системах 3-его типа азеотроп при перегонке выделяется в жидкой фазе.
5. Влияет ли состав системы с ограниченно растворимыми компонентами на состав равновесных фаз при постоянной температуре?
6. Какая экстракция эффективнее: однократная или дробная?
7. Даны две жидкости, ограниченно растворимые друг в друге, причем взаимная растворимость уменьшается при повышении температуры. Изобразите диаграмму состояния этой системы. Как называется критическая точка на этой диаграмме?
8. При 313 К давления паров дихлорэтана и бензола соответственно равны  $2,066 \cdot 10^4$  Па и  $2,433 \cdot 10^4$  Па. Считая, что система подчиняется закону Рауля, определите состав смеси, которая будет кипеть при давлении  $2,267 \cdot 10^4$  Па. Под каким давлением закипит смесь с содержанием бензола 40%?  
 Ответ: а) смесь содержит 62% дихлорэтана; б) раствор с содержанием бензола 40% закипит при давлении  $2,2 \cdot 10^4$  Па

### **В рабочей тетради**

1. Сделайте вывод уравнения Рауля для идеальных двойных жидких систем.
2. Начертите диаграммы состояния для: а) идеальных систем; б) систем с небольшими отклонениями от идеальности; в) систем со значительными отклонениями от идеальности.
3. Начертите возможные диаграммы состояния для систем с ограниченной растворимостью компонентов.
4. Выведите формулу для расчета количества вещества, оставшегося после экстракции.
5. Начертите график зависимости температуры кипения воды, мало-летучего компонента и их смеси от давления.

## ТЕМА 6. БУФЕРНЫЕ РАСТВОРЫ

### Учебные цели

Поддержание кислотно-щелочного баланса на необходимом уровне является одним из важнейших факторов общего гомеостаза живых организмов. Это выражается в достаточно постоянных значениях рН биологических сред и в способности восстанавливать рН при поступлении в эти среды кислот и оснований. В результате жизнедеятельности в организме образуется большое количество углекислоты (до 13 моль ежесуточно). При некоторых патологических процессах, например при диабете, образуется значительное количество нелетучих кислот (до 1 моль в сутки ацетоуксусной и  $\beta$ -оксимасляной кислот). От кислот организм освобождается благодаря физиологическим процессам: дыханию (от летучей кислоты  $\text{CO}_2$ ) и мочевыделению (от нелетучих кислот). Основания, которые образуются в процессе метаболизма аминокислот и белков, выводятся через почки. Но с помощью физиологических процессов кислоты и основания выводятся из организма достаточно медленно, а быстрая их нейтрализация и поддержание рН осуществляется за счет физико-химических процессов в буферных системах. Основными буферными системами организма являются гидрокарбонатная, гемоглобиновая, фосфатная и белковая. Все эти системы имеются в крови, где с их помощью строго поддерживается  $\text{pH}=7,40\pm 0,05$ , несмотря на поступление из кишечника и тканей значительного количества кислот и небольшого - оснований.

Буферные растворы находят широкое применение в аналитической химии, например, при количественном определении ионов металлов в биологических жидкостях методом комплексонометрического титрования.

**Изучив тему вы должны**

**«знать»**

1. Что такое буферные растворы, их классификацию.
2. Состав и механизм действия кислотных и основных буферных растворов.
3. Что такое буферная емкость, от каких факторов она зависит.

### **«уметь рассчитывать»**

pH буферного раствора по уравнению Гендерсона-Хассельбаха.

### **«иметь практические навыки»**

1. Готовить 0,1н и 0,01н фосфатные буферные растворы.
2. Определять и рассчитывать pH приготовленных буферных растворов.
3. Определять величину меры буферной емкости методом титрования.
4. Работать с мерной химической посудой.

### **Литература**

1. Беляев А.П., Кучук В.И., Евстратова К.И., Купина Н.А., Малахова Е.Е. Физическая и коллоидная химия: Учебник / Под ред. проф. Беляева А.П. – М.: ГЭОТАР - Медиа, 2008. – С. 216-219.
2. Евстратова К.И., Купина Н.А., Малахова Е.Е. Физическая и коллоидная химия: учебник для фармацевтических ВУЗов и факультетов/ под ред. Евстратовой К.И. – М.: Высш. шк., 1990. – С. 128-131.
3. Ершов Ю.А., Попков В.А., Берлянд А.С., Книжник А.З. Общая химия. Химия биогенных элементов: учебник для ВУЗов/ под ред. Ершова Ю.А. – 2-е изд., испр. и доп. – М: Высш. шк., 2000. – С. 108-119.

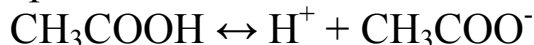
### **Теоретическая часть**

Буферным называют раствор, способный поддерживать практически постоянное значение pH при разбавлении или добавлении небольших количеств кислоты или щелочи. Компонентами протолитических буферных растворов являются донор протона и акцептор протона, представляющие собой сопряженную кислотно-основную пару.

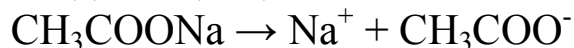
Буферные системы делятся на кислотные и основные. Кислотные буферные растворы содержат слабую кислоту (донор протона) и соль этой кислоты (акцептор протона). К ним относятся ацетатная буферная система -  $\text{CH}_3\text{COONa}$ ,  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ; гидрокарбонатная -  $\text{NaHCO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{CO}_3$ ; гидрофосфатная –  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ ,  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ . Основными буферными растворами называются растворы, содержащие слабое основание (акцептор протона) и соль этого основания (донор протона). К основ-

ным буферным растворам относится аммиачный буфер -  $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_4\text{Cl}$ .

Механизм буферного действия рассмотрим на примере ацетатного буферного раствора. В кислотной буферной системе наблюдаются два процесса: один обратимый – диссоциация слабой кислоты:



другой необратимый – диссоциация соли:



По закону действующих масс константа диссоциации для уксусной кислоты

$$K = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-] \cdot [\text{H}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]}$$
$$[\text{H}^+] = \frac{K \cdot [\text{CH}_3\text{COOH}]}{[\text{CH}_3\text{COO}^-]} \quad (1)$$

Концентрация в растворе акцептора протона ( $\text{CH}_3\text{COO}^-$ ) определяется в основном концентрацией соли  $\text{CH}_3\text{COONa}$ , т.к. диссоциация слабой уксусной кислоты в присутствии сильного электролита – её соли, подавляется. Т.к. уксусная кислота диссоциирует очень слабо, то считают, что концентрация её не изменилась. Поэтому уравнение (1) можно представить в виде

$$[\text{H}^+] = \frac{K \cdot [\text{Кислота}]}{[\text{Соль}]} \quad (2)$$

Логарифмируя уравнение (2), получают

$$\lg[\text{H}^+] = \lg K + \lg[\text{кислота}] - \lg[\text{соль}].$$

Меняют знаки на обратные:

$$-\lg[\text{H}^+] = -\lg K - \lg[\text{кислота}] + \lg[\text{соль}], \text{ т.е.}$$

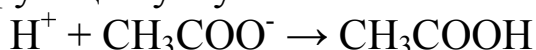
$$\text{pH} = \text{pK}_a - \lg[\text{кислота}] + \lg[\text{соль}], \text{ т.е.}$$

$$\text{pH} = \text{pK}_a + \lg \frac{[\text{Соль}]}{[\text{Кислота}]} \quad (3)$$



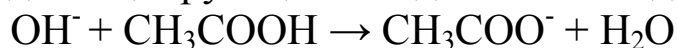
В соответствии с уравнением Гендерсона - Хассельбаха (3), рН кислотной буферной системы зависит от показателя константы диссоциации слабой кислоты  $pK_a$  и отношения концентраций акцептора протона (соли) и донора протона (кислоты) в растворе.

При добавлении небольших количеств сильной кислоты (например,  $HCl \rightarrow H^+ + Cl^-$ ), казалось бы должно произойти увеличение концентрации ионов водорода. Однако этого не происходит, т.к. катионы  $H^+$  связываются акцептором протона буферного раствора с образованием малодиссоциирующей уксусной кислоты:



Значение рН среды не изменяется.

При добавлении небольших количеств щелочи (например,  $NaOH \rightarrow Na^+ + OH^-$ ) анионы  $OH^-$  связываются донором протона с образованием малодиссоциирующего соединения – воды:



Значение рН среды поддерживается постоянным.

При разбавлении буферного раствора водой концентрация кислоты и соли изменяются в одинаковое число раз и их отношение остается постоянным, например,

$$[H^+] = K \cdot 0,1 / 0,1 = K \cdot 0,01 / 0,01 = K \cdot 0,001 / 0,001 = \text{const.}$$

Защитные свойства буферных растворов по отношению к действию кислот и щелочей будут сохраняться до тех пор, пока концентрации компонентов буферного раствора, связывающих  $H^+$  или  $OH^-$ , будут больше концентрации добавляемых ионов:

$$c(H^+)_{\text{добавл}} < [\text{акцептор протона}]; c(OH^-)_{\text{добавл}} < [\text{донор протона}].$$

Для характеристики сопротивляемости буферных растворов к добавлению кислот или оснований введено понятие буферная емкость. Буферная емкость – способность буферного раствора сохранять постоянство рН при добавлении некоторого количества кислоты или щелочи.

Мерой буферной емкости (В) называется число моль-эквивалентов сильной кислоты или щелочи, которые нужно добавить к 1 литру буферного раствора, чтобы изменить величину рН на единицу

$$B = \frac{n_x}{pH - pH_0} \quad (4),$$

где  $n_x$  – количество моль-эквивалентов кислоты или щелочи,

$pH_0$  и  $pH$  – водородный показатель буферного раствора до и после титрования.

Мера буферной емкости зависит от концентраций компонентов в буферном растворе. Чем выше концентрация компонентов, тем больше буферная емкость. Максимальное буферное действие будет наблюдаться при равных концентрациях компонентов в смеси. В таких буферных растворах  $pH = pK_a$  (4).

### **Методические указания студентам по подготовке к занятию**

Повторите понятия «сильные и слабые электролиты», «степень диссоциации»,  $pH$ , условия смещения химического равновесия и изучите материал, рассмотрев следующие вопросы

1. Запишите состав следующих кислотных буферных растворов: ацетатного, гидрокарбонатного, фосфатного. Выделите сопряженную кислотно-основную пару для каждого раствора.
2. Выведите уравнения Гендерсона-Хассельбаха для расчета  $pH$  кислотного буферного раствора на примере ацетатного. От чего зависит  $pH$  раствора?
3. Запишите состав основного буферного раствора на примере аммиачного. Выделите сопряженную кислотно-основную пару.
4. Выведите уравнения Гендерсона-Хассельбаха для расчета  $pH$  основного буферного раствора на примере аммиачного. От чего зависит  $pOH$  раствора?
5. Рассмотрите механизм буферного действия при добавлении небольших количеств сильной кислоты или щелочи в буферный раствор. Приведите уравнения реакций.
6. Как влияет разбавление на  $pH$  буферных растворов? Дайте объяснение.
7. Что называют буферной емкостью? Запишите формулу расчета меры буферной емкости.
8. От каких факторов зависит мера буферной емкости?
9. Что такое титрование? Как экспериментально фиксируется точка эквивалентности?

## Лабораторная работа «Буферные растворы»

### Цель работы

1. Приготовить 0,1н и 0,01н фосфатные буферные растворы.
2. Определить рН приготовленных буферных растворов.
3. Определить меру буферной емкости путем титрования растворов щелочью.
4. Выявить влияние разбавления на меру буферной емкости.

### Оснащение

1. Колбы для титрования на 50 мл.
2. Мерные пипетки.
3. Бюретки.
4. Реактивы: 0,2н растворы  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$  и  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ , 0,05н раствор  $\text{KOH}$ , раствор фенолфталеина.

### Порядок выполнения работы

#### Приготовление фосфатных буферных растворов

Для приготовления 0,1м фосфатного буферного раствора берут равные объемы (по 10 мл) 0,2м раствора  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  и 0,2м раствора  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ .

Для приготовления 0,01м фосфатного буферного раствора к 1 мл 0,1м фосфатного буферного раствора добавляют 9 мл дистиллированной воды. Получают 10 мл 0,01м буферного раствора.

Определяют рН приготовленных буферных растворов ( $\text{pH}_0$ ) с помощью универсальной индикаторной бумаги.

Рассчитывают рН приготовленных буферных растворов по уравнению Гендерсона-Хассельбаха

$$\text{pH} = \text{pK}_a + \lg \frac{[\text{NaH}_2\text{PO}_4]}{[\text{NaH}_2\text{PO}_4]}$$

#### Определение меры буферной емкости

1. В три колбы для титрования мерной пипеткой отбирают по 5 мл 0,1м фосфатного буферного раствора, добавляют по 1 капле фенолфталеина и проводят 3 параллельных титрования 0,05 м раствором  $\text{KOH}$  до появления розовой окраски. Изменение окраски фенолфта-

леина происходит при  $pH=8,5$ . Рассчитывают средний объем раствора КОН ( $\bar{V}$ ), пошедший на титрование.

2. Для расчета меры буферной емкости определяют:

1) объем раствора КОН ( $V_x$ ), который требуется для титрования 1

литра буферной смеси, по формуле:  $V_x = \frac{1000 \cdot \bar{V}}{5}$ ;

2) количество моль эквивалентов щелочи ( $n_{\text{КОН}}$ ), пошедшее на титро-

вание 1 литра буферного раствора, по формуле:  $n_{\text{КОН}} = \frac{50 \cdot V_x}{1000}$ , т.к. в 1 л

0,05 н раствора КОН содержится 0,05 моль/экв гидроксида калия. Это количество гидроксида калия изменило  $pH$  1 л 0,1м фосфатного буферного раствора до  $pH = 8,5$ ;

3) рассчитывают меру буферной емкости ( $B$ ) по формуле:  $B = \frac{n_x}{pH - pH_0}$

После титрования 0.01 м фосфатного буферного раствора делают расчет меры буферной емкости.

3. Сравнивают меры буферной емкости 0,1м и 0,01м буферных растворов. Делают вывод о влиянии разбавления на меру буферной емкости.

### Контрольные вопросы

1. Можно ли из 0,2м раствора  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$  и 0,2м раствора  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  приготовить несколько фосфатных буферных растворов с разными значениями  $pH$ ?

2. По уравнению Гендерсона-Хассельбаха рассчитайте  $pH$  фосфатного буферного раствора, приготовленного из 10 мл 0,2м раствора  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$  и 10 мл 0,2м раствора  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ .

3. Как изменяется величина меры буферной емкости при разбавлении? При каком условии она достигает максимального значения?

4. Какие буферные системы действуют в организме человека?

5. Какое значение имеют буферные растворы, где они встречаются и используются?

## ТЕМА 7. ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ПРОВОДИМОСТЬ РАСТВОРОВ

### Учебные цели

Учение об электрической проводимости растворов является частью большого раздела науки – электрохимии. Измеряя электрическую проводимость растворов, можно определять основность органических кислот, растворимость и произведение растворимости малорастворимых соединений, степень и константу диссоциации слабого электролита, ионное произведение воды, влажность различных объектов (например, зерна), степень минерализации вод, почв и грунтов и т.д.

Электрическая проводимость является важным физическим свойством, по которому можно делать заключение о характере взаимодействия компонентов в смесях различного состава.

Кондуктометрические измерения находят применение в химических, физиологических, биохимических, санитарно-гигиенических и клинических исследованиях.

### **Изучив тему, вы должны**

#### **«знать» -**

1. Особенности состояния слабых и сильных электролитов.
2. Понятия «удельная проводимость» и «молярная проводимость», их зависимость от концентрации.
3. Закон Кольрауша, его смысл, запись.
4. Измерение сопротивления растворов; мостик Уитстона, уравнение баланса моста.
5. Сущность кондуктометрического титрования, виды кривых титрования..

#### **«уметь» -**

1. Рассчитывать сопротивление растворов, удельную и молярную электрическую проводимость; степень и константу диссоциации слабого электролита; концентрацию ионов в растворе.
2. Строить кривые титрования по условиям задачи, находить точку конца титрования и проводить расчет концентрации раствора.

### **«иметь практические навыки» -**

1. Измерять электрическую проводимость растворов с целью определения:
  - а) степени и константы диссоциации слабого электролита;
  - б) концентрации раствора в результате кондуктометрического титрования.

### **Учебные вопросы**

1. Слабые и сильные электролиты.
2. Электрическая проводимость растворов.
3. Применение кондуктометрических измерений.

### **Литература**

1. Беляев А.П., Кучук В.И., Евстратова К.И., Купина Н.А., Малахова Е.Е. Физическая и коллоидная химия: Учебник / Под ред. проф. Беляева А.П. – М.: ГЭОТАР - Медиа, 2008. – С. 200-211, 221-230, 283-300.
2. Евстратова К.И., Купина Н.А., Малахова Е.Е. Физическая и коллоидная химия: учебник для фармацевтических ВУЗов и факультетов/ под ред. Евстратовой К.И. – М.: Высш. шк., 1990. – С. 114-117; 131-136; 139-145; 149-160.
3. Ершов Ю.А., Попков В.А., Берлянд А.С., Книжник А.З. Общая химия. Химия биогенных элементов: учебник для ВУЗов/ под ред. Ершова Ю.А. – 2-е изд., испр. и доп. – М: Высш. шк., 2000. – С. 450-464.
4. Олишевец Л.И. Физическая химия. Курс лекций. Томск, 2006. – С. 74-93.

### **Методические указания студентам по подготовке к занятию**

Ввиду сложности и большого объема материала, на его изучение отводится 2 занятия. Первое семинарское занятие посвящено вопросам № 1, 2 и 3; на втором выполняется лабораторная работа.

## Занятие первое

При подготовке к занятию изучите материал, рассмотрев следующие вопросы

### **I. Слабые и сильные электролиты**

1. Какие растворы относятся к электролитам?
2. Сформулируйте основные положения теории Аррениуса.
3. В чем достоинства и недостатки теории Аррениуса? Какова область её применения?
4. Опишите равновесие в растворах слабых электролитов. Уравнение Оствальда.
5. От каких факторов зависят степень и константа диссоциации?
6. Раскройте основные положения теории Дебая и Гюккеля.
7. Что такое активность, коэффициент активности, ионная сила раствора?

### **II. Электрическая проводимость растворов**

1. В чем отличие проводников электрического тока I и II рода?
2. Удельная электрическая проводимость, её связь с сопротивлением раствора.
3. Влияние разбавления на удельную электрическую проводимость.
4. Молярная (эквивалентная) электрическая проводимость, её связь с удельной проводимостью.
5. Зависимость молярной электрической проводимости слабых и сильных электролитов от разбавления.
6. Что такое предельная молярная электрическая проводимость? Как она рассчитывается?
7. Закон Кольрауша, его смысл, запись.
8. Раскройте содержание понятий «абсолютная скорость» и «подвижность» иона.
9. Определение сопротивления растворов с помощью мостика Уитстона. Уравнение баланса моста.
10. Что называется константой электролитической ячейки? Как она определяется?

### **III. Применение кондуктометрических измерений**

1. На чем основан кондуктометрический метод исследования?

2. В чем сущность кондуктометрического титрования?
3. Какие виды кривых титрования возможны?
4. Как определяется точка эквивалентности?
5. Какие физико-химические параметры можно определить кондуктометрическим способом?

### Вопросы и задачи для самоконтроля знаний

1. Две одноосновные органические кислоты при некоторой концентрации имеют разные степени диссоциации: первая – 0,2; вторая – 0,5. Константа диссоциации какой кислоты больше и во сколько раз?  
Ответ:  $K_2$  больше  $K_1$  в 10 раз.
2. Величина  $pK$  для хлорной и азотной кислот в уксусной кислоте как растворителе соответственно равны 4,95 и 9,38. Какая из этих двух кислот является в данном растворителе более сильной?  
Ответ: хлорная кислота
3. Напишите формулу, связывающую удельную электрическую проводимость, константу ячейки и сопротивление раствора электролита.
4. Какой объем 0,15 н раствора нужно залить в сосуд с электродами на расстоянии 1 см, чтобы измеренная электрическая проводимость была молярной проводимостью данного раствора?  
Ответ: 6,67 л
5. Какие из следующих факторов влияют на молярную электрическую проводимость электролита: концентрация (С); степень диссоциации ( $\alpha$ ); температура (Т); вязкость раствора ( $\eta$ ); постоянная электролитической ячейки (к); радиус иона (r); площадь электродов (S)?
6. Нарисуйте график зависимости электрическая проводимость – объем щелочи при кондуктометрическом титровании смеси муравьиной и соляной кислот. Дайте объяснение.

### В рабочей тетради

1. Запишите формулы:
  - 1) Закона разбавления Оствальда.
  - 2) Ионной силы раствора.
  - 3) Связь сопротивления раствора с его удельной электрической проводимостью.
  - 4) Связь молярной и удельной проводимостей.
  - 5) Закона Кольрауша.



2. Начертите мостик Уитстона и 5 видов кривых титрования.
3. Законспектируйте в рабочей тетради теоретическую часть и порядок выполнения эксперимента. Подготовьте миллиметровую бумагу для построения кривой титрования.

## **Занятие второе**

Материал предыдущего занятия выучите для выполнения самостоятельной работы.

### **Образец билета**

1. Основные положения теории Аррениуса. Её достоинства и недостатки, область применения.
2. Удельная электрическая проводимость, влияние разбавления на её величину.
3. Закона Кольрауша; запись, смысл, значение.
4. Сущность кондуктометрического титрования. Начертить кривую титрования для случая «уксусная кислота - щелочь».
5. Для 0,01 н КСl удельное сопротивление  $\rho = 709,22 \text{ Ом}^{-1} \text{ см}$ . Вычислите удельную и молярную электрические проводимости раствора.

### **Лабораторные работы**

#### **«Кондуктометрическое титрование»**

#### **«Определение степени и константы диссоциации слабого электролита»**

### **Мотивация темы**

Метод исследования, основанный на измерении электрической проводимости, называется кондуктометрией. Он относится к физико-химическим методам анализа, которые основаны на взаимосвязи между составом системы и её физическими и физико-химическими свойствами. Способность проводить электрический ток является одним из важнейших физико-химических свойств водных растворов электролитов. Поэтому с помощью кондуктометрии можно определять степень и константу диссоциации слабых электролитов, растворимость малорастворимых веществ, количественно оценивать состав раствора.

## Цель работы

1. Провести кондуктометрическое титрование слабой кислоты щелочью, построить кривую титрования, найти точку эквивалентности и рассчитать концентрацию кислоты;
2. По экспериментальным данным рассчитать степень и константу диссоциации  $\text{CH}_3\text{COOH}$ .

## Оснащение

1. Кондуктометр;
2. Колба для титрования;
3. Пипетка;
4. Стакан (200мл);
5. Реактивы: 0,1н  $\text{HCl}$ , 1н  $\text{NaOH}$ , 0,1н  $\text{CH}_3\text{COOH}$ , 0,1н  $\text{KCl}$ .

## Теоретическая часть

Из курса физики известно, что электрическое сопротивление любого проводника можно рассчитать по формуле

$$R = \rho \frac{l}{S},$$

где  $R$  – сопротивление, Ом;

$l$  – длина проводника, см;

$S$  – площадь поперечного сечения,  $\text{см}^2$ ;

$\rho$  – удельное сопротивление, т. е. сопротивление проводника длиной 1см и с площадью поперечного сечения  $1\text{см}^2$ .

В электрохимии принято пользоваться величинами, обратными указанным

$$\frac{1}{R} = L$$

Величина  $L$  называется электрической проводимостью и измеряется в Сименсах (См),

$$\text{См} = \text{Ом}^{-1}$$

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

Величина  $\chi$  называется удельной электрической проводимостью. Это электрическая проводимость раствора, помещенного между двумя электродами площадью  $1\text{см}^2$ , находящимися на расстоянии 1см. Размерность  $\chi$  –  $\text{См} \cdot \text{см}^{-1}$ .

Кроме удельной электрической проводимости, используют и молярную (эквивалентную) электрическую проводимость. **Молярная (эквивалентная) проводимость** – это проводимость раствора, содержащего 1 молярную массу эквивалента вещества, при расстоянии между электродами, равном 1 см. Обозначается  $\lambda$  (лямбда). Размерность  $\text{См} \cdot \text{см}^2 \text{ моль}^{-1}$ .

Связь между двумя видами электрической проводимости

$$\lambda = \frac{\chi \times 1000}{c}$$

где  $c$  – молярная концентрация эквивалента.

Метод исследования, основанный на измерении электрической проводимости, называется **кондуктометрией**. Прибор для измерения электрической проводимости называется кондуктометром.

Кондуктометрический метод позволяет определять степень и константу диссоциации слабого электролита, растворимость малорастворимых веществ, концентрации различных электролитов. В последнем случае говорят о кондуктометрическом титровании.

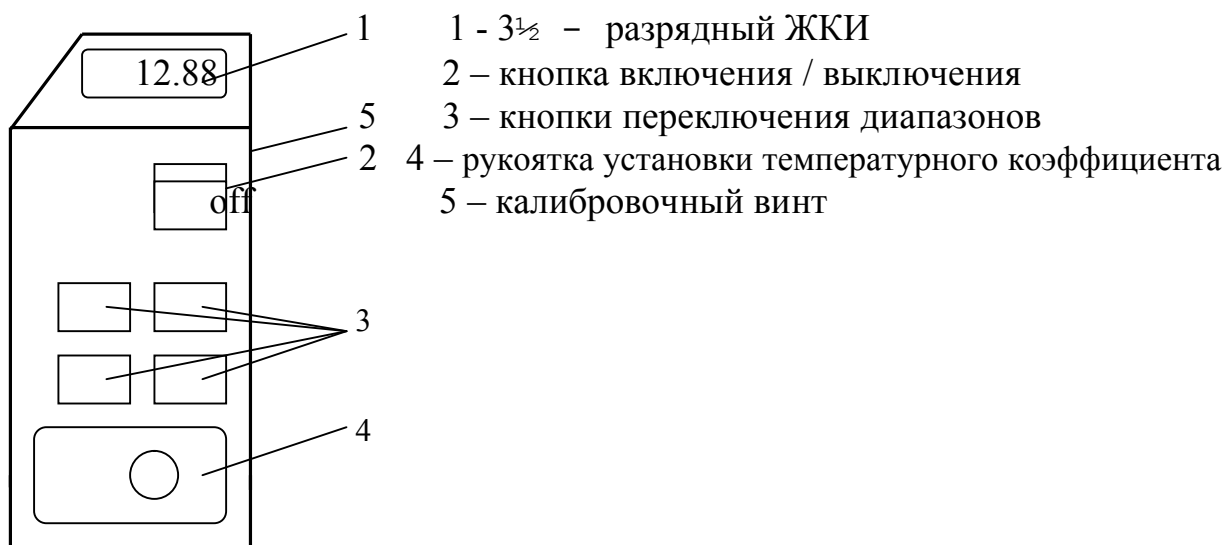
**Кондуктометрическое титрование** – это метод определения концентрации электролитов титрованием до эквивалентной точки, которая устанавливается по изменению электрической проводимости. Этим методом часто пользуются для определения концентрации электролита в случае окрашенных или мутных растворов, а также при титровании смесей кислот или смесей оснований, когда подбор цветного индикатора затруднен.

При титровании происходит изменение ионного состава раствора, что изменяет электрическую проводимость. Экспериментальные данные наносят на график в координатах: электрическая проводимость – объем прибавляемого реагента и по точке резкого изгиба кривой определяют эквивалентную точку.

Характер изменения электрической проводимости обусловлен:

- 1) заменой ионов одной подвижности на ионы другой подвижности. Например, при титровании соляной кислоты гидроксидом натрия ионы  $\text{H}^+$ , обладающие высокой подвижностью, заменяются на менее подвижные ионы  $\text{Na}^+$ ;
- 2) заменой малодиссоциирующих молекул на более диссоциирующие. Этот случай наблюдается при титровании уксусной кислоты гидроксидом натрия.

Для проведения высококачественных измерений проводимости используется микропроцессорный портативный многодиапазонный кондуктометр «Н 8733 N»



#### Для работы необходимо

- Включить прибор, нажав кнопку ON/OFF.
- Погрузить датчик в исследуемый раствор, осторожно перемешать, постукивая кончиком датчика о дно сосуда для удаления пузырьков воздуха.
- Выбрать необходимый интервал измерений с помощью кнопок 3.
- Подождать некоторое время, пока не установится термическое равновесие. Значение проводимости появится на экране 1.

**Внимание!** Электрод должен быть погружен в раствор примерно на 8 см. Если измерения проводятся в различных образцах, рекомендуется тщательно промывать датчик, чтобы избежать загрязнения образцов. Для споласкивания лучше использовать достаточное количество раствора, проводимость которого предстоит измерить.

#### Порядок выполнения работы «Кондуктометрическое титрование»

1. Налить в стаканчик 150мл 0,1н кислоты и замерить проводимость.
2. Добавляя порциями 1н NaOH, получить ряд значений проводимости раствора.
3. По полученным данным построить кривую титрования, по которой найти точку эквивалентности. Расчет концентрации кислоты провести по формуле:

$$C_{щ} \cdot V_{щ} = C_{к} \cdot V_{к} \Rightarrow C_{к} = \frac{C_{щ} \cdot V_{щ}}{V_{к}}, \text{ где}$$

$V_{к}$  – объем кислоты, взятый для анализа;

$V_{щ}$  – объем щелочи, пошедший на титрование;

$C_{щ}$  – молярная концентрация эквивалента щелочи.

### Порядок выполнения работы

#### «Определение степени и константы диссоциации слабого электролита»

1. Налить в сосуд 0,1м раствор KCl и измерить электрическую проводимость. Рассчитать константу сосуда

$$K = \frac{\chi}{L},$$

$$\chi_{KCl\ 0,1M} = 0,0129 \text{ См} \cdot \text{см}^{-1}$$

2. Заполнить сосуд 0,1н  $\text{CH}_3\text{COOH}$  и замерить электрическую проводимость. Рассчитать:

а. Удельную электрическую проводимость 0,1н  $\text{CH}_3\text{COOH}$

$$\chi_{\text{CH}_3\text{COOH}} = K \cdot L$$

б. Эквивалентную электрическую проводимость 0,1н  $\text{CH}_3\text{COOH}$

$$\lambda_v = \chi \cdot 1000 \cdot \frac{1}{c}$$

в. Степень диссоциации 0,1н  $\text{CH}_3\text{COOH}$

$$\alpha = \frac{\lambda_v}{\lambda_\infty},$$

$$\lambda_\infty = 390,7 \text{ См} \cdot \text{см}^2 \cdot \text{моль}^{-1} (25^\circ\text{C})$$

г. Константу диссоциации 0,1н  $\text{CH}_3\text{COOH}$

$$K = \frac{\alpha^2 \cdot c}{1 - \alpha}.$$

### Контрольные вопросы

1. Объясните ход кривой титрования.
2. Как по кривой титрования находят точку конца титрования?
3. Сформулируйте закон эквивалентов.
4. Что называют степенью диссоциации? Какие экспериментальные методы её определения вам известны?

5. Как влияет разбавление на величину степени и константы диссоциации?

## **ТЕМА 8. ПОТЕНЦИОМЕТРИЯ**

### **Учебные цели**

Потенциометрия – метод измерения ЭДС элементов, подобно кондуктометрии относится к электрохимическим методам анализа. С его помощью находят стандартные термодинамические потенциалы, константы равновесия, коэффициенты активности, константы диссоциации слабых кислот, произведения растворимости, рН растворов и т.д. Большую практическую значимость имеет потенциометрический метод измерения рН, отличающийся точностью, объективностью и быстротой.

### **Изучив эту тему, вы должны**

#### **«знать» -**

1. Механизм возникновения электродных потенциалов.
2. Классификации электродов по устройству и назначению; уравнение Нернста для расчета электродного потенциала.
3. Классификацию элементов; расчет ЭДС.
4. Сущность процессов, протекающих в гальванических элементах.
5. Компенсационную схему измерения ЭДС.
6. Определение рН потенциометрическим методом.

#### **«уметь» -**

1. Находить в справочной литературе стандартные потенциалы.
2. Рассчитывать электродные потенциалы, ЭДС элементов, активности ионов в растворе, константы равновесия, рН среды.
3. Записывать электродные и токообразующую реакции.
4. Переходить от одного вида концентрации к другому.

### **Учебные вопросы**

1. Классификация электродов по устройству и по назначению.
2. Классификация элементов, измерение ЭДС.
3. Значение потенциометрических измерений. Определение рН среды потенциометрическим методом.

### **Литература**

1. Беляев А.П., Кучук В.И., Евстратова К.И., Купина Н.А., Малахова Е.Е. Физическая и коллоидная химия: Учебник / Под ред. проф. Беляева А.П. – М.: ГЭОТАР - Медиа, 2008. – С. 231-265.
2. Евстратова К.И., Купина Н.А., Малахова Е.Е. Физическая и коллоидная химия: учебник для фармацевтических ВУЗов и факультетов/ под ред. Евстратовой К.И. – М.: Высш. шк., 1990. – С. 160-190.
3. Ершов Ю.А., Попков В.А., Берлянд А.С., Книжник А.З. Общая химия. Химия биогенных элементов: учебник для ВУЗов/ под ред. Ершова Ю.А. – 2-е изд., испр. и доп. – М: Высш. шк., 2000. – С. 464-488.
4. Олишевец Л.И. Физическая химия. Курс лекций. – Томск, 2006. – С. 93-105.

### **Методические указания студентам по подготовке к занятиям**

Тема рассчитана на два занятия. На первом занятии рассматривается вопрос № 1, а на втором – вопросы № 2 и 3.

#### **Занятие первое**

При подготовке к занятию повторите материал по теме «Растворы - электролиты», а именно: теорию Дебая и Гюккеля, понятия «активность», «коэффициент активности». Для решения задач надо знать способы выражения концентрации раствора.

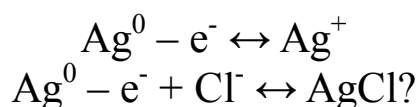
Изучите материал, рассмотрев следующие вопросы

## Классификация электродов по устройству и по назначению

1. Какие электроды относятся к электродам I рода? Что значит «электрод обратим относительно катиона»?
2. Устройство электрода II рода. Как влияет концентрация присутствующего электролита на величину электродного потенциала и почему?
3. Как устроены и работают газовые электроды? Рассмотрите на примере водородного электрода.
4. Какой водородный электрод называется стандартным? Как он используется на практике?
5. Особенности построения окислительно-восстановительных электродов. Чем интересен хингидронный электрод?
6. Мембранные электроды. Устройство стеклянного электрода.
7. Как рассчитывается электродный потенциал? Физический смысл  $\varphi^0$ .
8. Какие электроды называются электродами сравнения? Приведите примеры.
9. Как определяют электродные потенциалы с помощью электродов сравнения?
10. Каково назначение индикаторных электродов (электродов определения)?

## Вопросы и задачи для самоконтроля знаний

1. По какому принципу построен ряд напряжений?
2. Какова роль инертного металла в окислительно-восстановительном электроде?
3. Составьте электрод второго рода, если имеются Ag (металл), Ag(NO<sub>3</sub>), K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub>, Pt (металл), HNO<sub>3</sub>, K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>, Ag<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub>. Напишите уравнение электродной реакции и уравнение Нернста для этого электрода.
4. На каких электродах протекают следующие процессы:



5. Потенциал водородного электрода в растворе уксусной кислоты равен -120 мВ по отношению к стандартному водородному электроду. Чему равен pH раствора при температуре 25 °С?

Ответ: pH = 2,03



6. Какова роль электродов сравнения?

**В рабочей тетради** составьте таблицу

Тип электрода	Запись устройства	Механизм возникновения электродного потенциала	Уравнение Нернста для расчета электродного потенциала	Электродная реакция
I род	$\text{Me}^{z+} / \text{Me}$	1. Переход ионов из металла в раствор 2. Осаждение ионов раствора на металлическую пластинку	$\varphi = \varphi^0 + \frac{RT}{nF} \ln a_{\text{Me}^{z+}}$	$\text{Me}^{z+} + ze^- \leftrightarrow \text{Me}$
II род				
И т.д.				

### Занятие второе

Материал предыдущего занятия следует выучить для выполнения самостоятельной работы.

#### **Образец билета**

1. Как возникает скачок потенциала на границе металл-вода и металл-раствор?
2. Устройство электрода второго рода. Формула Нернста для расчета электродного потенциала.
3. Стандартный водородный электрод: работа и назначение.
4. Как изменится потенциал цинкового электрода, если раствор  $\text{ZnSO}_4$  разбавить в 10 раз? ( $\varphi^0 \text{Zn}^{2+} / \text{Zn} = -0,76\text{В}$ )

При подготовке к занятию изучите материал, рассмотрев следующие вопросы

## **II. Классификация элементов, измерение ЭДС**

1. Какие процессы лежат в основе получения электрического тока в химических и концентрационных элементах?
2. Простые химические элементы. Элемент Вестона, его устройство, работа, назначение.
3. Сложные химические элементы. Рассмотрите работу элемента Якоби-Даниэля, запишите электродные реакции и суммарный процесс, приводящий к получению электрического тока.
4. Выведите формулу для расчета ЭДС. Что такое стандартная электродвижущая сила?
5. Из каких электродов составляют концентрационные цепи? Приведите примеры цепей без переноса и с переносом.
6. Как рассчитывается ЭДС концентрационных цепей?
7. Какие методы измерения ЭДС существуют?
8. Сущность компенсационного метода измерения ЭДС. Как составлена компенсационная схема? Что необходимо определить экспериментально, чтобы рассчитать ЭДС элемента?
9. Некомпенсационный метод измерения ЭДС.
10. Значение потенциометрических измерений.
11. Сущность потенциометрического метода определения рН среды.

## **III. Значение потенциометрических измерений. Определение рН среды потенциометрическим методом**

1. Что означает термин «потенциометрия»?
2. Какие задачи в химии можно решать, используя потенциометрический метод?
3. В чем сущность потенциометрического метода определения рН среды?
4. Какие электроды выступают в роли электрода сравнения и электрода определения?
5. Как устроен и работает стеклянный электрод?
6. Достоинства потенциометрического метода определения рН среды (сравните с колориметрическим).

## **Вопросы и задачи для самоконтроля знаний**

1. Какую роль в гальваническом элементе играет солевой мостик?
2. Можно ли измерить ЭДС элемента при помощи вольтметра? Ответ обоснуйте.

3. Существуют ли элементы, для которых величина ЭДС не зависит от величин стандартных электродных потенциалов? Если существуют, то укажите тип этих элементов.
4. Составьте схему гальванического элемента, в котором протекает следующая токообразующая реакция:  

$$\text{CuSO}_4 + \text{H}_2 = \text{Cu} + \text{H}_2\text{SO}_4.$$
5. Элемент состоит из двух водородных электродов. Один электрод погружен в раствор с  $\text{pH} = 3$ , а другой находится в растворе с  $\text{pH} = 1$ . Рассчитайте ЭДС при  $25^\circ\text{C}$ .      Ответ: ЭДС = 0,118 В
6. Из каких электродов следует создать элемент, чтобы можно было определить  $\text{pH}$  среды?

### **В рабочей тетради**

1. Приведите примеры всех типов элементов.
2. Запишите для них электродные и токообразующие реакции.
3. Выведите формулы для расчета ЭДС химических элементов (применяя уравнение изотермы реакции Вант-Гоффа) и концентрационных цепей.
4. Начертите компенсационную схему измерения ЭДС элементов.

## **ТЕМА 9. ХИМИЧЕСКАЯ КИНЕТИКА И КАТАЛИЗ**

### **Учебные цели**

Принципиальную возможность той или иной реакции предсказывает термодинамика. Но на вопрос о том, как быстро осуществляется эта возможность и какой механизм имеет реакция, отвечает кинетика – наука о скоростях химических реакций, факторах, влияющих на нее, и механизмах реакций. Практическая значимость этого раздела физической химии очевидна, т.к. только зная законы кинетики и механизм реакции, можно управлять химическими процессами. От скорости реакции зависит выход продуктов, т.е. производительность труда и аппаратуры.

Одной из наиболее молодых и развивающихся медицинских дисциплин является фармакокинетика. Это учение о кинетических закономерностях распределения инородных веществ, в частности лекарственных препаратов, во внутренней среде организма. В отличие от биохимии фармакокинетика не занимается механизмами превраще-

ния веществ. Ее задача – количественное описание с помощью уравнений кинетики протекания во времени процессов всасывания, распределения, метаболизма и экскреции препаратов.

Кинетические закономерности используются в фармации, например, для определения срока годности лекарств.

Ускорение реакции в присутствии катализатора широко применяется в промышленности. К каталитическим процессам относятся синтез аммиака, производство серной кислоты, крекинг нефти, синтез каучука и много других. Катализаторы используются и при производстве лекарственных веществ. Велика роль ферментов в живой природе.

### **Изучив тему, вы должны**

#### **«знать» -**

1. Основные понятия химической кинетики: скорость реакции, константа скорости, молекулярность, порядок реакции.
2. Простые реакции. Кинетические уравнения 0-, 1-, 2-ого порядков и методы определения порядка реакции.
3. Влияние температуры на скорость реакции. Уравнения Вант-Гоффа и Аррениуса.
4. Понятие энергии активации и способы её определения.
5. Теории активных столкновений и активированного комплекса.
6. Сложные реакции и принцип независимости.
7. Основные закономерности катализа.
8. Особенности разных видов катализа.

#### **«уметь» -**

1. Делать вывод и анализ кинетических уравнений разных порядков.
2. Рассчитывать скорость химических реакций при заданных условиях.
3. Определять константу скорости реакции, время протекания процесса.
4. Рассчитывать энергию активации процесса.
5. Делать выводы об изменении скорости реакции при изменении температуры, давления, концентраций реагирующих веществ

## Учебные вопросы

1. Основные понятия химической кинетики.
2. Вывод и анализ кинетических уравнений 0-, 1-, 2-ого порядков. Методы определения порядка реакции.
3. Влияние температуры на скорость реакции. Уравнения Вант-Гоффа и Аррениуса.
4. Сложные реакции. Принцип независимости.
5. Катализ, его виды. Закономерности катализа. Роль катализатора в процессе.

## Литература

1. Беляев А.П., Кучук В.И., Евстратова К.И., Купина Н.А., Малахова Е.Е. Физическая и коллоидная химия: Учебник / Под ред. проф. Беляева А.П. – М.: ГЭОТАР - Медиа, 2008. – С. 358-380, 384-410.
2. Евстратова К.И., Купина Н.А., Малахова Е.Е. Физическая и коллоидная химия: учебник для фармацевтических ВУЗов и факультетов/ под ред. Евстратовой К.И. – М.: Высш. шк., 1990. – С. 260-279; 282-301.
3. Ершов Ю.А., Попков В.А., Берлянд А.С., Книжник А.З. Общая химия. Химия биогенных элементов: учебник для ВУЗов/ под ред. Ершова Ю.А. – 2-е изд., испр. и доп. – М: Высш. шк., 2000. – С. 391-422.
4. Олишевец Л.И. Физическая химия. Курс лекций. – Томск, 2006. – Ср. 105-140.

## Методические указания студентам по подготовке к занятиям

Тема рассчитана на два занятия. На первом занятии рассматриваются вопросы № 1, 2, 3, а на втором – вопросы № 4 и 5.

### Занятие первое

При подготовке к первому семинарскому занятию повторите закон действующих масс, понятия скорость и константа скорости реакции, правило Вант-Гоффа, смысл энергии активации и изучите материал, рассмотрев следующие вопросы

## **I. Основные понятия химической кинетики**

1. Что понимают под скоростью реакции?
2. От каких факторов зависит скорость реакции?
3. Каков физический смысл константы скорости?
4. Какие факторы влияют на константу скорости реакции?
5. Дайте определение понятиям «молекулярность» и «порядок реакции». Может ли молекулярность совпадать с порядком реакции?
6. На основании чего делается вывод о молекулярности реакции?

## **II. Вывод и анализ кинетических уравнений 0-, 1-, 2-ого порядков.**

### **Методы определения порядка реакции**

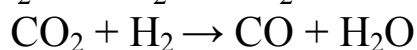
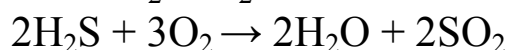
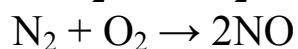
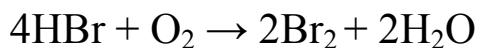
1. Выведите кинетическое уравнение 0-ого порядка. Укажите размерность константы скорости.
2. Что такое период полупревращения?
3. Найдите связь константы скорости с периодом полупревращения для реакции 0-ого порядка.
4. В какой системе координат наблюдается линейная зависимость изменения концентрации от времени для реакций 0-ого порядка?
5. Выведите кинетическое уравнение 1-ого порядка. Укажите размерность константы скорости.
6. Найдите связь константы скорости с периодом полупревращения для реакции 1-ого порядка.
7. В какой системе координат наблюдается линейная зависимость изменения концентрации от времени для реакций 1-ого порядка?
8. Дайте вывод кинетическое уравнение 2-ого порядка. Укажите размерность константы скорости.
9. Какое уравнение связывает константу скорости с периодом полупревращения для реакции 2-ого порядка?
10. В какой системе координат наблюдается линейная зависимость изменения концентрации от времени для реакций 2-ого порядка?
11. Как зависит период полупревращения от начальной концентрации исходного вещества для реакций различных порядков?
12. Какие методы определения порядка реакции существуют? В чем их суть?

### III. Влияние температуры на скорость реакции. Уравнения Вант-Гоффа и Аррениуса

1. Какие зависимости скорости реакции от температуры существуют? Изобразите зависимости графически.
2. Чем объясняется зависимость скорости реакции от температуры?
3. Как читается и записывается правило Вант-Гоффа. Какова область его применения?
4. Уравнение Аррениуса. Каков смысл « $K_0$ » и « $E$ » в этом уравнении?
5. В чем суть теории активных столкновений? Её достоинства и недостатки.
6. Как трактуется энергия активации с позиций теории активных столкновений?
7. В чем суть теории активированного комплекса?
8. Что понимается под энергией активации в этой теории?
9. К чему сводится аналитический метод определения энергии активации?
10. Какие экспериментальные данные надо иметь, чтобы определить энергию активации графическим методом?

#### Вопросы и задачи для самоконтроля знаний

1. Какова молекулярность и порядок реакции  
$$C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O \rightarrow C_6H_{12}O_6 + C_6H_{12}O_6$$
 ?
2. Можно ли сравнивать величины констант скоростей реакций разных порядков?
3. В одну или несколько стадий наиболее вероятно протекание следующих реакций:



4. Какие экспериментальные данные требуются для определения порядка реакции?
5. Реакция первого порядка проходит на 35% за 35 минут. Какова скорость реакции при концентрации реагирующего вещества 0,01 моль/л?  
Ответ:  $8,6 \cdot 10^{-4}$  моль·л<sup>-1</sup>·мин<sup>-1</sup>
6. Каковы причины увеличения скорости реакции с повышением температуры? Что такое температурный коэффициент скорости реакции?

7. Две реакции протекают при  $20^{\circ}\text{C}$  с одинаковой скоростью. Как соотносятся скорости этих реакций при  $70^{\circ}\text{C}$ , если температурный коэффициент скорости одной из них равен 2,0, а другой – 3,0?

Ответ: 1 : 7,6

Подготовьтесь к выполнению самостоятельной работы.

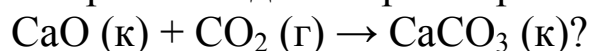
### Образец билета

1. Какова средняя скорость реакции, если начальная концентрация исходных веществ

6 моль/л, а через 2 минуты 2 моль/л?

- а) 1 моль/л·мин; б) 2 моль/л·мин; в) 3 моль/л·мин

2. Как записывается выражение для скорости реакции



- а)  $V = K \cdot C(\text{CaO})$ ; б)  $V = K \cdot C(\text{CaO}) \cdot C(\text{CO}_2)$ ; в)  $V = K \cdot C(\text{CO}_2)$

3. Порядок реакции показывает

а) в какой последовательности протекают стадии процесса;

б) в какой степени скорость реакции зависит от концентрации веществ;

в) сколько молекул участвуют в элементарном акте взаимодействия.

4. При увеличении температуры на  $20^{\circ}\text{C}$  скорость реакции увеличилась в 16 раз, следовательно, температурный коэффициент реакции равен

- а) 2; б) 4; в) 8

5. Реакция  $2\text{CO} + \text{O}_2 = 2\text{CO}_2$  относится к

а) мономолекулярным; б) бимолекулярным; в) тримолекулярным.

6. Избыток энергии по сравнению со средней энергией молекул реагентов, необходимый для образования активированного комплекса, называется \_\_\_\_\_.

7. Катализатор не влияет на

а) скорость реакции; б) положение равновесия; в) энергию активации.

8. Схема действия катализатора  $\text{E} + \text{S} \leftrightarrow \text{ES} \rightarrow \text{E} + \text{P}$  справедлива для

а) гомогенного катализа; б) гетерогенного катализа; в) ферментативного катализа.

9. Теория активных столкновений создана

а) Вант-Гоффом; б) Аррениусом; в) Больцманом.



## Занятие второе

При подготовке ко второму занятию повторите, какие системы называются гомогенными и гетерогенными, что такое фаза. Из предыдущего занятия – трактовку энергии активации с позиций теорий активных столкновений и активированного комплекса.

Изучите материал, рассмотрев следующие вопросы

### **IV. Сложные реакции. Принцип независимости**

1. Какие реакции называются сложными? Чем они отличаются от простых?
2. Какие виды сложных реакций вы знаете?
3. Какие реакции относятся к последовательным?
4. Скоростью какой стадии определяется скорость последовательной реакции?
5. Как протекают параллельные реакции?
6. Как рассчитываются константы скорости отдельных реакций?
7. В чем особенность протекания обратимых реакций?
8. Какие реакции называются сопряженными?
9. Сформулируйте принцип независимости, которому подчиняются сложные реакции.

### **V. Катализ, его виды. Закономерности катализа. Роль катализатора в процессе**

1. Что такое катализ? (В определении раскрыть химическую сущность катализа).
2. Какие виды катализа существуют?
3. Что понимают под активностью и селективностью катализатора?
4. Каковы общие закономерности катализа?
5. Каковы отличительные особенности каждого вида катализа?
6. Как влияет катализатор на энергию активации процесса?

### **Вопросы и задачи для самоконтроля знаний**

1. Можно ли с помощью катализатора сместить равновесие и увеличить выход целевого продукта?
2. За счет чего увеличивается скорость реакции в присутствии катализатора?
3. К какому виду катализа относятся процессы:

- 1) синтез аммиака, осуществляемый на железных катализаторах с добавками оксидов некоторых металлов;
  - 2) разложение водородпероксида в присутствии каталазы;
  - 3) крекинг нефти, идущий на алюмосиликатных катализаторах;
  - 4) гидролиз сахарозы, ускоряемый ионами  $H^+$ .
4. В чем сущность автокатализа?
  5. Какие вещества могут играть роль каталитических ядов?
  6. Как изменяется скорость химической реакции при уменьшении энергии активации?
  7. Во сколько раз увеличится скорость реакции, протекающей при 298 К, если энергию активации уменьшить на 4 кДж/моль?

Ответ: в 5 раз

**В рабочей тетради** начертите энергетический профиль реакции некаталитической и в присутствии катализатора.

## ТЕМА 10. АДСОРБЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ НА ГРАНИЦЕ ЖИДКОСТЬ-ГАЗ

### Учебные цели

Биологические системы являются гетерогенными, т.е. состоят из нескольких фаз, отделенных друг от друга поверхностями раздела. Многие из веществ, входящих в состав живого организма, являются поверхностно-активными (ПАВ). Они принимают участие во многих физиологических процессах. ПАВ широко применяются в технологии лекарств. Они являются компонентами основ свечей и мазей, стабилизаторами эмульсий и жирорастворимых витаминов, гормонов и др. лекарственных средств.

Таким образом, знания свойств ПАВ помогают глубокому изучению биохимических и физиологических процессов, происходящих в организме человека, а также используются при изготовлении лекарственных средств.

**Изучив эту тему, вы должны**

«знать» -

1. Что изучает коллоидная химия.

2. Определение дисперсной системы, дисперсной фазы и дисперсионной среды. Признаки и примеры дисперсных систем.
3. Понятие свободной поверхностной энергии; причину избытка свободной поверхностной энергии на любой границе раздела фаз и пути самопроизвольного уменьшения свободной энергии для систем с жидкой дисперсионной средой.
4. Что называют поверхностным натяжением.
5. Виды поверхностных явлений (адсорбция, смачивание, адгезия) и причины их протекания.
6. Понятия: адсорбция, адсорбент, адсорбат.
7. Отличительные особенности физической и химической адсорбции.
8. Основные положения теории мономолекулярной адсорбции Ленгмюра.
9. Понятие поверхностной активности; факторы, влияющие на нее.
10. Характеристику поверхностно-активных, поверхностно-инактивных и поверхностно-неактивных веществ.
11. Что такое положительная и отрицательная адсорбция.

**«уметь» -**

1. Анализировать изотерму адсорбции с помощью уравнения Ленгмюра.
2. Графически определять константы  $\Gamma_{\infty}$  и  $K$ .
3. Рассчитывать предельную величину адсорбции ( $\Gamma_{\infty}$ ); площадку, занимаемую одной молекулой ( $S_0$ ).
4. Анализировать изотермы поверхностного натяжения для ПАВ, ПИВ и ПНВ.
5. Сравнить поверхностную активность ПАВ одного гомологического ряда по правилу Дюкло-Траубе.

**«иметь практические навыки» -**

1. Работать со сталагмометром.
2. Определять поверхностное натяжение сталагмометрическим методом.
3. Рассчитывать 1) поверхностное натяжение, 2) величину адсорбции по экспериментальным данным.

4. Строить графические зависимости величины адсорбции и поверхностного натяжения от концентрации раствора при постоянной температуре.
5. Анализировать полученные экспериментальные данные и делать соответствующие выводы.

### **Учебные вопросы**

1. Поверхностная энергия и поверхностные явления.
2. Адсорбция. Общие положения. Причины адсорбции. Природа адсорбционных сил. Теория мономолекулярной адсорбции Ленгмюра.
3. Адсорбция на границе газ-жидкость.

### **Литература**

1. Беляев А.П., Кучук В.И., Евстратова К.И., Купина Н.А., Малахова Е.Е. Физическая и коллоидная химия: Учебник / Под ред. проф. Беляева А.П. – М.: ГЭОТАР - Медиа, 2008. – С. 412-425, 448-456.
2. Евстратова К.И., Купина Н.А., Малахова Е.Е. Физическая и коллоидная химия: учебник для фармацевтических ВУЗов и факультетов/ под ред. Евстратовой К.И. – М.: Высш. шк., 1990. – С. 303-331.
3. Зимон А.Д., Лещенко Н.Ф. Коллоидная химия: Учебник для вузов. - 3-е изд. доп. и исправл. – М.: АГАР, 2001. – С. 15-19, 30-37, 60-66, 71-74, 75-86..
4. Гельфман М.И., Ковалевич О.В., Юстратов В.П. Коллоидная химия. – СПб.: Изд-во «Лань», 2003. – С. 15-23, 25-35.

### **Методические указания студентам по подготовке к занятию**

При подготовке к занятию изучите материал, рассмотрев следующие вопросы:

#### **I. Поверхностная энергия и поверхностные явления**

1. Что изучает коллоидная химия?

2. Что называют дисперсными системами? Определение дисперсной фазы и дисперсионной среды. Каковы характерные признаки дисперсных систем?
3. Всякая ли гетерогенная система является дисперсной?
4. Удельная поверхность раздела фаз (ПРФ). Как её рассчитывают?
5. Свободная поверхностная энергия. Представление свободной поверхностной энергии в виде изменения энергии Гиббса и в виде изменения энергии Гельмгольца.
6. Какова причина возникновения избытка свободной поверхностной энергии на границе раздела фаз? Пути её понижения.
7. Поверхностное натяжение. Методы определения поверхностного натяжения – метод капиллярного поднятия, метод счета капель (сталагмометрический), метод наибольшего давления образования пузырька газа. Математические формулы для расчета поверхностного натяжения.
8. Какие явления относят к поверхностным? Приведите примеры. Какова причина протекания поверхностных явлений?

## **II. Адсорбция. Общие положения. Причины адсорбции. Природа адсорбционных сил. Теория мономолекулярной адсорбции Ленгмюра**

1. Что такое адсорбция, адсорбент, адсорбат?
2. В чем отличие физической и химической адсорбции? Приведите примеры.
3. Проанализируйте зависимость величины адсорбции от концентрации адсорбата при постоянной температуре. Каков физический смысл предельной адсорбции?
4. Каковы основные положения теории мономолекулярной адсорбции Ленгмюра? Уравнение Ленгмюра. Проведите анализ первого и третьего участков изотермы адсорбции с помощью уравнения Ленгмюра.

## **III. Адсорбция на границе газ-жидкость**

1. Характеристика и классификация поверхностно-активных веществ (ПАВ). Примеры.
2. Уравнение Гиббса для расчета величины адсорбции ПАВ.
3. Проанализируйте изотерму поверхностного натяжения для ПАВ.

4. Что такое поверхностная активность? От чего она зависит? Правило Дюкло-Траубе.

5. Поверхностно-инактивные вещества, поверхностно-неактивные вещества. Анализ изотермы поверхностного натяжения для ПИВ и для ПНВ.

### **Вопросы и задачи для самоконтроля знаний**

1. Какие поверхностные явления связаны с уменьшением межфазовой поверхности?
2. Как графически и аналитически определить предельную адсорбцию? Каков её смысл?
3. Объясните утверждение – адсорбция ПАВ на границе раздела фаз положительна.
4. За счет чего ПАВ уменьшают поверхностное натяжение жидкости?
5. Могут ли ПИВ адсорбироваться на границе раздела газ-жидкость? Ответ обоснуйте с точки зрения термодинамики.
6. В результате какого процесса ПИВ увеличивают поверхностное натяжение жидкости?
7. Что называют поверхностной активностью? От каких факторов она зависит?
8. Сравните поверхностную активность этанола и н-бутанола в водных растворах одинаковой концентрации.

### **В рабочей тетради**

1. Начертите график зависимости величины адсорбции от концентрации (изотерму адсорбции). Проведите анализ первого и третьего участков изотермы адсорбции с помощью уравнения Ленгмюра.
2. Приведите уравнение Ленгмюра к уравнению прямой. Найдите графическим способом константы  $\Gamma_{\infty}$  и  $K$ .
3. Начертите графики зависимости величины поверхностного натяжения от концентрации для ПАВ, ПИВ и ПНВ.
4. Как выглядят изотермы поверхностного натяжения для двух гомологов с числом атомов углерода  $n$  и  $n+1$ ?
4. Изобразите ориентацию молекул ПАВ на границе воздух-вода.
5. Приготовьте конспект лабораторной работы №1 «Определение поверхностного натяжения водных растворов спирта».

Для оформления работы необходимо иметь миллиметровую бумагу, линейку, карандаш, калькулятор.

## ТЕМА 11. АДСОРБЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ НА ГРАНИЦЕ ТВЕРДОЕ ТЕЛО - РАСТВОР

### Учебные цели

Адсорбция на твердых адсорбентах широко применяется при очистке жидкостей, например, диффузионного сока при производстве сахара, растительных масел и фруктовых соков. При этом устраняется запах, привкус, удаляются коллоидные и иные примеси.

Твердые адсорбенты применяются для разделения смесей и выделения определенных компонентов. Например, разделение нефти при производстве моторных топлив, для газовых смесей – получение воздуха, обогащенного кислородом, вплоть до почти чистого. В медицине – для извлечения вредных веществ из крови (гемосорбция).

### Изучив эту тему, вы должны

#### «знать» -

1. Понятия: адсорбция, адсорбент, адсорбат.
2. Характерные особенности твердых адсорбентов; примеры пористых полярных и неполярных адсорбентов; причины избытка поверхностной энергии на твердых адсорбентах.
3. Природу адсорбционных сил.
4. Сущность молекулярной, ионной и ионообменной адсорбции и факторы, влияющие на нее.
5. Уравнение для определения количества молекулярно адсорбированного на поверхности твердого тела вещества; уравнение Фрейндлиха.
6. Правила избирательной адсорбции.
7. Что такое гидрофилизация и гидрофобизация поверхности.

#### «уметь» -

1. Анализировать изотерму адсорбции с помощью уравнения Фрейндлиха.
2. Графически определять константы в уравнении Фрейндлиха.
3. Применять правила избирательной адсорбции.
4. Писать схемы ионного обмена на катионитах и анионитах.

### **«иметь практические навыки» -**

1. Проводить адсорбцию красителей на твердых адсорбентах.
2. Осуществлять колоночную хроматографию.
3. Определять знак заряда частиц методом капилляризации.
4. Анализировать полученные экспериментальные данные и делать соответствующие выводы.

### **Учебные вопросы**

1. Молекулярная адсорбция. Уравнение Фрейндлиха.
2. Ионная адсорбция.

### **Литература**

1. Беляев А.П., Кучук В.И., Евстратова К.И., Купина Н.А., Малахова Е.Е. Физическая и коллоидная химия: Учебник / Под ред. проф. Беляева А.П. – М.: ГЭОТАР - Медиа, 2008. – С. 468-480.
2. Евстратова К.И., Купина Н.А., Малахова Е.Е. Физическая и коллоидная химия: учебник для фармацевтических ВУЗов и факультетов/ под ред. Евстратовой К.И. – М.: Высш. шк., 1990. – С. 303-331.
3. Зимон А.Д., Лещенко Н.Ф. Коллоидная химия: Учебник для вузов.- 3-е изд. доп. и исправл. – М.: АГАР, 2001. – С. 15-19, 30-37, 60-66, 71-74, 75-86.
4. Гельфман М.И., Ковалевич О.В., Юстратов В.П. Коллоидная химия. – СПб.: Изд-во «Лань», 2003. – С. 15-23, 25-35.

### **Методические указания студентам по подготовке к занятию**

Перед изучением нового материала повторите

1. Какие явления относят к поверхностным? Приведите примеры.
2. Какова причина протекания поверхностных явлений.
3. Вспомните определения – адсорбция, адсорбент, адсорбат.
4. Классификацию растворов из электрохимии.

При подготовке к занятию изучите материал, рассмотрев следующие вопросы



## **I. Молекулярная адсорбция**

1. Что называют молекулярной адсорбцией?
2. Нахождение констант уравнения Фрейндлиха графическим способом.
3. Факторы, влияющие на молекулярную адсорбцию – температура, природа растворителя (среды), природа растворенного вещества по правилу уравнивания полярности фаз Ребиндера, природа адсорбента
4. Природа адсорбционных сил.
5. Примеры твердых адсорбентов. Какова причина возникновения избытка свободной поверхностной энергии на границе раздела фаз?

## **II. Ионная адсорбция**

1. Определение ионной адсорбции. Зависимость ионной адсорбции от температуры, химической природы адсорбента и ионов, от величины заряда и радиуса ионов.
2. Механизм протекания ионной адсорбции.
3. Правила избирательной адсорбции ионов Панета и Фаянса. Образование ДЭС. Приведите примеры.
4. Адсорбция кислых и основных красителей на поверхности шерсти (белка).
5. Сущность ионного обмена. Катиониты, аниониты. Схемы ионного обмена.
6. Применение адсорбции на твердых адсорбентах.
7. Гидрофилизация и гидрофобизация поверхностей.

## **Вопросы и задачи для самоконтроля знаний**

1. Дайте определения следующим понятиям: «адсорбция», «адсорбент», «адсорбат». Каким может быть агрегатное состояние адсорбента и адсорбата?
2. Что является адсорбентом и адсорбатом при адсорбции из растворов?
3. Твердые адсорбенты: полярные и неполярные; пористые и непористые. Приведите примеры.
4. Что такое адсорбционное равновесие? Как долго оно устанавливается?

5. Сущность молекулярной адсорбции. Какие факторы влияют на величину адсорбции? Условия выбора адсорбента и растворителя. Особенности адсорбции на границе твердое тело-жидкость молекул ПАВ.
6. Избирательная адсорбция ионов. Правила избирательной адсорбции.
7. Приведите схему адсорбции ионов на поверхности микрокристаллика гидроксида железа (III) в растворе хлорида железа (III). Как называются ионы железа? Какой заряд они придают поверхности микрокристаллика? К какому электроду будет двигаться частица в электрическом поле?
8. Ионный обмен, его сущность. Что такое иониты?. Какие они бывают?.
9. Какой ионит следует взять для уменьшения жесткости воды? Приведите схему ионного обмена.
10. Области применения твердых адсорбентов.

### **В рабочей тетради**

1. Начертите график зависимости величины адсорбции от концентрации (изотерму адсорбции).
2. Приведите уравнение Фрейндлиха к уравнению прямой. Найдите графическим способом константы.
3. Нарисуйте ориентацию молекул ПАВ при контакте активированного угля с раствором ПАВ в воде и ориентацию молекул ПАВ при контакте силикагеля с раствором ПАВ в бензоле.
4. Подготовьте конспект лабораторных работ «Избирательность адсорбции» и «Хроматография».

## **ТЕМА 12. АДСОРБЦИЯ НА ГРАНИЦЕ ЖИДКОСТЬ-ЖИДКОСТЬ. ЭМУЛЬСИИ**

### **Учебные цели**

Используемые в практической деятельности эмульсии могут быть как природного происхождения, например молочный сок каучуконосов, молоко, сырая нефть, так и искусственно полученные:

маргарин, майонез, соусы, синтетические латексы. Широкое применение нашли эмульсии в фармацевтической практике. Как лекарственная форма эмульсии удобны тем, что позволяют сочетать несмешивающиеся жидкости (миндальная эмульсия, эмульсия персикового масла). Они маскируют неприятный вкус и запах, предотвращают сильное раздражающее действие некоторых лекарственных веществ на кожу и слизистые.

Часто эмульсии используются как основа для введения в организм некоторых лекарственных веществ: камфоры, жирорастворимых витаминов, гормональных препаратов и др. На эмульсионной основе готовятся линименты - лекарственная форма для наружного применения (ланолиновое молоко), мази.

Эмульсии играют важную роль в жизнедеятельности человека. Организм хорошо усваивает жиры, находящиеся в эмульгированном состоянии, например, молоко, сливки, сметану, сливочное масло. Другие жиры, потребляемые с пищей (растительное масло, животный жир), усваиваются только после перевода их в эмульгированное состояние вначале в желудке, затем в двенадцатиперстной кишке, куда поступает желчь, содержащая холевые кислоты. Высокие значения рН в верхнем отделе кишечника (8,0-8,5) способствуют переводу холевых кислот в соли, являющиеся хорошими эмульгаторами. Получающаяся высокодисперсная прямая эмульсия всасывается через стенки тонких кишок и поступает в лимфу и кровь.

## **Изучив эту тему, вы должны**

**«знать» -**

1. Определение эмульсий как дисперсных систем, их классификацию.
2. Какова устойчивость эмульсий с точки зрения термодинамики; причину избытка свободной поверхностной энергии на границе раздела жидкость – жидкость.
3. Пути самопроизвольного уменьшения свободной энергии для систем с жидкой дисперсионной средой; определение коалесценции.
4. Что называют эмульгатором; классификацию эмульгаторов по механизму действия.

5. Факторы устойчивости, которые эмульгатор придает эмульсии – структурно-механический, электрический заряд, гидратные оболочки, термодинамический, энтропийный.
6. Связь между природой эмульгатора и типом эмульсии; правило Банкрофта.
7. Методы определения типа эмульсии.
8. Методы обращения фаз эмульсии.
9. Практическую значимость эмульсий.

**«уметь» -**

1. Давать характеристику эмульсиям по четырем классификациям дисперсных систем.
2. Определять тип эмульсии, зная природу эмульгатора.
3. Определять факторы устойчивости, которые придают прямым и обратным эмульсиям различные эмульгаторы – ПАВ, ВМС, электролит, тонкодисперсные порошки.

**«иметь практические навыки» -**

1. Получать и стабилизировать эмульсии.
2. Определять тип эмульсии различными методами.
3. Проводить обращение фаз эмульсии.
4. Разрушать эмульсии.
5. Анализировать полученные экспериментальные данные и делать соответствующие выводы.

**Учебные вопросы**

1. Определение, классификация и свойства эмульсий.
2. Устойчивость и разрушение эмульсий. Обращение фаз.

**Литература**

1. Беляев А.П., Кучук В.И., Евстратова К.И., Купина Н.А., Малахова Е.Е. Физическая и коллоидная химия: Учебник / Под ред. проф. Беяева А.П. – М.: ГЭОТАР - Медиа, 2008. – С. 623-635.
2. Евстратова К.И., Купина Н.А., Малахова Е.Е. Физическая и коллоидная химия: учебник для фармацевтических ВУЗов и

факультетов/ под ред. Евстратовой К.И. – М.: Высш. шк., 1990. – С. 446-459.

3. Зимон А.Д., Лещенко Н.Ф. Коллоидная химия: Учебник для вузов. - 3-е изд. доп. и исправл. – М.: АГАР, 2001. – С. 226-237.
4. Гельфман М.И., Ковалевич О.В., Юстратов В.П. Коллоидная химия. – СПб.: Изд-во «Лань», 2003.

### **Методические указания студентам по подготовке к занятию**

Перед изучением нового материала повторите

1. Определение дисперсной системы, дисперсной фазы и дисперсионной среды.
2. Понятие свободной поверхностной энергии; причину избытка свободной поверхностной энергии на любой границе раздела фаз и пути самопроизвольного уменьшения свободной энергии для систем с жидкой дисперсионной средой.
3. Понятия: адсорбция, адсорбент, адсорбат.
4. Что называют поверхностным натяжением.
5. Свойства ПАВ.

При подготовке к занятию изучите материал, рассмотрев следующие вопросы:

#### **I. Определение, классификация и свойства эмульсий**

1. Какие дисперсные системы относятся к эмульсиям?
2. Какова степень дисперсности частиц эмульсий?
3. Классификация эмульсий по полярности дисперсной фазы и дисперсионной среды.
4. Как определяется тип эмульсии?
5. Классификация эмульсий по концентрации частиц дисперсной фазы.
6. Методы получения эмульсий.

#### **II. Устойчивость и разрушение эмульсий. Обращение фаз**

1. В чем причина термодинамической неустойчивости эмульсий?
2. Что называют коалесценцией? Способы предотвращения коалесценции.
3. Классификация эмульгаторов.

4. Факторы устойчивости, обеспечивающие стабильность эмульсий в присутствии ПАВ, ВМС, неорганических электролитов, тонкодисперсных порошков.
5. Гидрофильные и гидрофобные эмульгаторы. Правило Банкрофта.
6. Как можно провести обращение фаз? Приведите примеры.
7. Способы разрушения эмульсий.

### **Вопросы и задачи для самоконтроля знаний**

1. Видны ли частицы эмульсий в микроскоп?
2. К какому типу эмульсий относится молоко, майонез, сливочное масло? Как это доказать?
3. Обоснуйте необходимость эмульгатора.
4. Гидролиз основного количества пищевых жиров происходит в тонком кишечнике, эмульгированию жиров способствуют соли жирных кислот (мыла), которые возникают в результате действия липаз, а также соли желчных кислот, выделяемые с желчью в просвет кишечника. За счет каких стабилизирующих факторов получается жировая эмульсия?
5. Жировые загрязнения не смываются водой, даже горячей, однако в присутствии мыла они легко удаляются. Почему? Какова роль мыла?
6. Объясните стабилизирующее действие раствора мыла на эмульсию.
7. Почему лекарственные препараты, предназначенные для наружного применения, готовят в виде обратных эмульсий, а принимаемые внутрь – в виде прямых эмульсий?

### **Обучающие ситуационные задачи и варианты их решения**

1. Что будет наблюдаться, если к эмульсии, стабилизированной натриевым мылом (стеаратом натрия), добавлен раствор хлорида кальция?

Ответ:

В присутствии натриевого мыла –  $C_{17}H_{35}COONa$  образуется эмульсия типа м/в. По правилу Банкрофта, при эмульгировании дисперсионной средой становится та жидкость, которая лучше растворяет (или смачивает) эмульгатор, т.е. эмульгатор должен иметь сродство к дисперсионной среде. Стеарат натрия хорошо растворим в воде, следовательно, дисперсионной средой будет вода,

а дисперсной фазой – масло. При добавлении к полученной эмульсии раствора хлорида кальция  $\text{CaCl}_2$  получается нерастворимое в воде кальциевое мыло –  $(\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COO})_2\text{Ca}$ , и эмульсия типа м/в превращается в эмульсию в/м. Происходит обращение фаз эмульсий.

2. Какой эмульгатор следует взять для стабилизации эмульсии, полученной по следующей прописи:

Rp. Emulsii ol.Ricini 200,0  
Phenylii Salicylatis 2,0

M.D.S По I чайной ложке через каждые 3 часа.

Ответ:

Для внутреннего применения (per os) используются эмульсии типа м/в, поэтому для стабилизации следует взять гидрофильный эмульгатор, например, желатозу.

3. В косметике нашли применение охлаждающие крема (кольдкремы), мази на эмульсионной основе. Будучи нанесёнными на кожу, они оказывают успокаивающее, охлаждающее действие, зависящее от испарения воды и пахучих составных частей мази. Эмульсии какого типа могут использоваться в качестве основы таких мазей?

Ответ:

Охлаждение – действие, присущее мазям, в которых вода образует непрерывную фазу и может беспрепятственно испаряться, т.к. охлаждающее действие является функцией испарения. Следовательно, основа таких мазей - эмульсии типа м/в.

4. В какой тип эмульсий можно ввести водный раствор лекарственного вещества (например,  $\text{CaCl}_2$ )?

Ответ:

Хлорид кальция  $\text{CaCl}_2$  растворим в воде. Эмульсия м/в также смешивается с водой. Следовательно, для введения водного раствора  $\text{CaCl}_2$  надо взять прямую эмульсию.

## ТЕМА 13. СТРОЕНИЕ МИЦЕЛЛЫ ЛИОФОБНЫХ ЗОЛЕЙ

### Учебные цели

Электрический заряд может возникать на любой твердой поверхности, находящейся в контакте с жидкостью. Значение удельного заряда сравнительно небольшое: например, для куска глины (массой 1 кг) на границе с водой оно составляет несколько десятков милликуллонов. Мелкие частицы глины общей массой 1 кг реализуют поверхность в миллионы раз большую, чем её сплошной кусок, что приводит к резкому увеличению заряда поверхности. Возникают особые электрокинетические явления, характерные только для дисперсных систем.

Несмотря на различие электрокинетических явлений, все они связаны с наличием двойного электрического слоя и определяются дзета-потенциалом, который именно поэтому и называют электрокинетическим. Электрокинетические явления сопутствуют технологическим процессам во многих отраслях промышленности.

**Электрофорез** используют для получения новых материалов, нанесения покрытий, очистки веществ от примесей и выделения продуктов, извлечения мелких частиц из раствора, не поддающегося фильтрации. В медицине электрофорез используется для введения лекарственных веществ в ткани организма человека.

**Электроосмос** применяют для удаления избыточной влаги из капиллярно-пористых тел. Например, для обезвоживания древесины, продуктов питания, сырья для пищевой промышленности и др. Влажную массу помещают между электродами, а вода в зависимости от структуры ДЭС движется к одному из них и собирается в емкость. Электроосмосом очищают дисперсионную среду коллоидных растворов, воду, желатин и др.

Так как кровь человека является дисперсной системой, то при её движении по сосудам возникает незначительный **потенциал течения** примерно 1-2 мВ. При движении нефти по трубопроводам потенциал течения намного выше и может привести к электрическому пробое, пожару или взрыву. По той же причине опасно наливать бензин в полиэтиленовую емкость, так как при опорожнении канистры



возникает потенциал течения, который может вызвать искру и воспламенить бензин.

## **Изучив эту тему, вы должны**

### **«знать» -**

1. Понятия: дисперсная система, дисперсионная среда, дисперсная фаза; характерные признаки дисперсных систем.
2. Классификацию дисперсных систем по четырем признакам.
3. Особые отличительные свойства грубодисперсных и микрогетерогенных, коллоидных и молекулярно-дисперсных систем – молекулярно-кинетические, оптические.
4. Способы и условия получения золей. Методы очистки коллоидных растворов.
5. Суть электрокинетических явлений: электрофореза, электроосмоса, эффектов течения и седиментации.
6. Причины самопроизвольного заряда поверхности на границе твердого тела с жидкостью. Пути образования двойного электрического слоя (ДЭС).
7. Теории строения ДЭС, их достоинства и недостатки.
8. Теорию строения ДЭС по Штерну. Структуру двойного электрического слоя.
9. Строение мицеллы лиофобного коллоидного раствора согласно теории Штерна.
10. Сущность процесса пептизации.

### **«уметь» -**

1. Характеризовать дисперсные системы по четырем классификациям.
2. Представлять строение мицеллы золя; определять метод получения золя и путь образования ДЭС.

### **«иметь практические навыки» -**

1. Получать коллоидные растворы различными методами.
2. Отличать коллоидные растворы от истинных.
3. Определять знак заряда коллоидных частиц методом капиллярзации.
4. Анализировать полученные экспериментальные данные и делать соответствующие выводы.

## Учебные вопросы

1. Дисперсные системы.
2. Методы получения и очистки золей.
3. Электрокинетические явления. Пути образования ДЭС.
4. Строение мицеллы коллоидного раствора.

## Литература

1. Беляев А.П., Кучук В.И., Евстратова К.И., Купина Н.А., Малахова Е.Е. Физическая и коллоидная химия: Учебник / под ред. проф. А.П. Беляева – М.: ГЭОТАР - Медиа, 2008. – С. 501-506, 541-585.
2. Евстратова К.И., Купина Н.А., Малахова Е.Е. Физическая и коллоидная химия: учебник для фармацевтических ВУЗов и факультетов/ под ред. Евстратовой К.И. – М.: Высш. шк., 1990. – С. 366-370, 396-423.
3. Зимон А.Д., Лещенко Н.Ф. Коллоидная химия: Учебник для вузов. - 3-е изд. доп. и исправл.- М.: АГАР, 2001. – С. 15-19, 30-37, 60-66, 71-74, 75-86.
4. Гельфман М.И., Ковалевич О.В., Юстратов В.П. Коллоидная химия. – СПб.: Изд-во «Лань», 2003. – С. 80-88, 101-109.
5. Ершов Ю.А., Попков В.А., Берлянд А.С., Книжник А.З. Общая химия. Химия биогенных элементов: учебник для ВУЗов/ под ред. Ершова Ю.А. – 2-е изд., испр. и доп. – М: Высш. шк., 2000. – С. 491-498, 504-510.

## Методические указания студентам по подготовке к занятию

При подготовке к занятию повторите

1. Правила избирательной адсорбции ионов на твердой поверхности.
2. Способы выражения концентрации растворов.

Изучите материал, рассмотрев следующие вопросы

### I. Дисперсные системы

1. Какие системы называются дисперсными?
2. Что такое дисперсная фаза, дисперсионная среда?
3. Что называется степенью дисперсности?

4. Как классифицируют дисперсные системы по степени дисперсности? Сравните свойства систем, отличающихся по степени дисперсности.
5. Какие системы относятся к свободнодисперсным и связнодисперсным? Приведите примеры.
6. Как классифицируют дисперсные системы по агрегатному состоянию дисперсной фазы и дисперсионной среды?
7. По какому признаку системы классифицируют на лиофильные и лиофобные?

## **II. Методы получения и очистки зольей**

1. Что означает термин «диспергирование»?
2. Как проводится механическое диспергирование?
3. В чем суть ультразвукового диспергирования?
4. Что представляет собой электрическое диспергирование?
5. Что означает термин «конденсация»?
6. Какие виды физической конденсации существуют?
7. К чему сводится химическая конденсация?
8. Какие условия необходимо выполнить, чтобы в ходе химической реакции получить золь, а не осадок малорастворимого вещества?
9. Какой метод получения зольей называется пептизацией?
10. Чем отличается непосредственная пептизация от посредственной?
11. Как очищают золи от молекул и ионов – примесей?
12. Как можно интенсифицировать процесс диализа?
13. С какой целью применяют ультрафильтрацию?

## **III. Электрокинетические явления. Пути образования ДЭС**

1. Какие явления относятся к электрокинетическим?
2. Раскройте содержание опыта Рейсса.
3. Что наблюдается в эффектах протекания и седиментации?
4. Какова причина существования электрокинетических явлений?
5. Какие пути образования ДЭС существуют?
6. К чему сводится путь избирательной адсорбции ионов?
7. Сущность пути частичной ионизации поверхностных молекул.
8. Какие ионы играют роль потенциалопределяющих?

#### **IV. Строение мицеллы коллоидного раствора**

1. Какова модель ДЭС по теории Гельмгольца-Перрена?
2. Что представляет ДЭС по теории Гуи-Чепмена?
3. Какие силы взаимодействия между ПОИ и ПИ учтены в теории Штерна?
4. Каково строение ДЭС по Штерну?
5. Что представляют собой адсорбционный и диффузный слои?
6. В связи с чем вводится понятие «плоскость скольжения»?
7. Чем представлены агрегат, ядро, частица и мицелла?
8. Какие ионы определяют знак заряда частицы (гранулы)?

#### **Вопросы и задачи для самоконтроля знаний**

1. Что является стабилизатором в мицелле коллоидного раствора? Какие факторы устойчивости он придает золям?
2. Какие примеси может содержать золь? Как провести очистку золя?
3. Можно ли полностью очистить золь от примеси ионов электролита? Ответ обоснуйте.
4. Что является доказательством существования ДЭС на границе раздела фаз?
5. Имеет ли заряд мицелла коллоидного раствора?
6. Какими методами можно определить знак заряда коллоидной частицы?
7. Как отличить коллоидный раствор от истинного?
8. Каков метод получения золя при добавлении раствора хлорида алюминия к осадку гидроксида алюминия. Напишите формулу мицеллы золя, определите путь образования ДЭС.
9. Напишите формулу мицеллы золя, образующегося при добавлении избытка раствора серной кислоты к раствору хлорида бария. Определите метод получения золя, путь образования ДЭС, движение частицы золя в электрическом поле.

#### **В рабочей тетради**

1. Дайте характеристику коллоидных растворов по четырем классификациям дисперсных систем;
2. Составьте таблицу молекулярно-кинетических и оптических свойств дисперсных систем по образцу:

Разновидность дисперсной системы по размеру частиц	Молекулярно-кинетические свойства	Оптические свойства
Грубодисперсные и микрогетерогенные системы – суспензии, эмульсии и др.	Частицы видны глазом или в обычный микроскоп; Оседают или всплывают; не диффундируют; не проходят через бумажный фильтр; не диализуют	Отражают свет (мутные)
Коллоидные системы (ультрамикрогетерогенные) - золи		
Истинные растворы (молекулярно-дисперсные системы)		

3. Напишите условия, которые необходимо выполнить, чтобы из истинных растворов методом химической конденсации получить золь, а не осадок?

4. Приведите рисунки, отражающие строение слоя противоионов по теориям Гельмгольца-Перрена, Гуи-Чепмена, Штерна. Какие силы действуют между ПОИ и ПИ? Положение плоскости скольжения. Обозначьте величину  $\varphi$  и  $\xi$ - потенциалов.

5. Подготовьте конспект лабораторной работы «Получение и очистка лиофобных коллоидных растворов».

## ТЕМА 14. УСТОЙЧИВОСТЬ, КОАГУЛЯЦИЯ И СТАБИЛИЗАЦИЯ ГИДРОФОБНЫХ ЗОЛЕЙ

### Учебные цели

Проблема устойчивости – это проблема «жизни» и «смерти» дисперсной системы. Для получения устойчивых систем в них вводят

стабилизаторы. Так получают эмульсии, эмульсионные основы для мазей, суспензии. Велико значение коллоидной защиты, используемой при получении лекарственных препаратов серебра – протаргола и колларгола – и играющей важную биологическую роль. Например, белки крови защищают капельки жира, холестерина и других гидрофобных веществ, содержащихся в организме, препятствуя их коагуляции. Снижение степени этой защиты приводит к отложению солей кальция и холестерина в стенках сосудов (кальциноз, атеросклероз), выпадению солей мочевой кислоты (при подагре), образованию камней в почках и т.д.

Не менее важной для практики является и обратная задача – разрушение дисперсных систем - дымов, туманов, промышленных и сточных вод и т.д. Коагуляционные процессы протекают и в природе. С ними, в частности, связаны процессы почвообразования.

### **Изучив эту тему, вы должны**

#### **«знать» -**

1. Виды устойчивости дисперсных систем.
2. Сущность коагуляции и её виды.
3. Факторы, вызывающие коагуляцию.
4. Правила электролитной коагуляции.
5. Теории электролитной коагуляции.
6. Особые явления, наблюдающиеся при электролитной коагуляции.

#### **«уметь» -**

1. Использовать правило Шульце-Гарди для определения знака заряда частиц золя.
2. Находить наиболее эффективный электролит для коагуляции золя.
3. Раскрывать роль электролита при коагуляции, указав, какие потенциалы и как изменяются при введении электролита в золь и по какому механизму идет коагуляция.

#### **«иметь практические навыки» -**

1. Проводить коагуляцию зольей и рассчитывать порог коагуляции.
2. Сравнивать пороги коагуляции разных электролитов и анализировать полученные данные.
3. Вызывать взаимную коагуляцию.
4. Проводить «коллоидную защиту».

### Учебные вопросы

1. Термодинамический и электрокинетический потенциалы. Влияние на их величины индифферентных и неиндифферентных электролитов.
2. Виды устойчивости дисперсных систем. Электролитная коагуляция.
3. Особые явления, наблюдающиеся при электролитной коагуляции.

### Литература

1. Беляев А.П., Кучук В.И., Евстратова К.И., Купина Н.А., Малахова Е.Е. Физическая и коллоидная химия: Учебник / Под ред. Проф. Беляева А.П. – М.: ГЭОТАР - Медиа, 2008. – С. 586-612.
2. Евстратова К.И., Купина Н.А., Малахова Е.Е. Физическая и коллоидная химия: учебник для фармацевтических ВУЗов и факультетов/ под ред. Евстратовой К.И. – М.: Высш. шк., 1990. – С. 424-440.
3. Зимон А.Д., Лещенко Н.Ф. Коллоидная химия: Учебник для вузов.- 3-е изд. доп. и исправл. – М.: АГАР, 2001. – С. 15-19, 30-37, 60-66, 71-74, 75-86.
4. М.И.Гельфман, О.В.Ковалевич, В.П.Юстратов Коллоидная химия. - СПб.: Изд-во «Лань», 2003. – С. 124-148.
5. Ершов Ю.А., Попков В.А., Берлянд А.С., Книжник А.З. Общая химия. Химия биогенных элементов: учебник для ВУЗов/ под ред. Ершова Ю.А. – 2-е изд., испр. и доп. – М: Высш. шк., 2000. – С. 510-518.

### Методические указания студентам по подготовке к занятию

При подготовке к занятию повторите строение ДЭС, строение мицеллы и изучите материал, рассмотрев следующие вопросы

- I. Термодинамический и электрокинетический потенциалы. Влияние на их величины индифферентных и неиндифферентных электролитов**
  1. На какой границе раздела возникает  $\phi$ -потенциал?
  2. Чем определяется величина  $\phi$ -потенциала?

3. Почему  $\xi$ -потенциал называется электрокинетическим?
4. Как графически находится величина  $\xi$ -потенциала?
5. Как влияет толщина диффузного слоя на величину  $\xi$ -потенциала?
6. Какие электролиты называются индифферентными?
7. Какой потенциал и как изменяется при добавлении в золь индифферентного электролита?
8. Какие электролиты относятся к неиндифферентным?
9. На какие потенциалы и как оказывает влияние добавление в золь неиндифферентного электролита?

## **II. Виды устойчивости дисперсных систем. Электролитная коагуляция**

1. Что такое агрегативная устойчивость?
2. Что такое седиментационная (кинетическая) устойчивость? Каким молекулярно-кинетическим свойством она поддерживается?
3. Что такое коагуляция и седиментация?
4. С потерей каких видов устойчивости связаны скрытая и явная стадии коагуляции?
5. Как можно вызвать коагуляцию?
6. Сформулируйте правила электролитной коагуляции.
7. Раскройте природу сил, действующих между частицами в золе. Как они изменяются с расстоянием? Дайте анализ результирующей кривой (по теории ДЛФО).
8. В чем сущность нейтрализационной и концентрационной коагуляции?

## **III. Особые явления, наблюдающиеся при электролитной коагуляции**

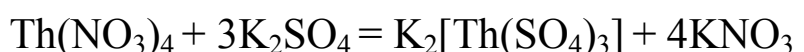
1. При каком условии может наблюдаться привыкание зольей?
2. Какова причина привыкания зольей?
3. Какие виды привыкания существуют?
4. Что понимают под аддитивностью, антагонизмом и синергизмом электролитов?
5. В каком случае может наблюдаться аддитивное действие электролитов?
6. Что приводит к антагонизму электролитов?
7. Какими свойствами должны обладать ионы электролита, чтобы при его добавлении в золь наблюдалось чередование зон?



8. Что понимают под «коллоидной защитой»?
9. Дайте определение «золотому числу».
10. Какие стабилизирующие факторы сообщает ВМС золю?
11. Чем отличается защищенный золь от незащищенного?
12. Значение «коллоидной защиты».

### Вопросы и задачи для самоконтроля знаний

1. Почему суспензии не обладают седиментационной устойчивостью?
2. Почему золи способны самопроизвольно коагулировать?
3. В воде содержатся ультрамикроскопические радиоактивные частицы, которые при электрофорезе движутся к катоду. Для очистки воды от них предложено вводить электролиты  $AlCl_3$  или  $Na_3PO_4$ . Какой электролит следует предпочесть?
4. Какие электролиты следует взять, чтобы подтвердить правило Шульце-Гарди для золя  $Fe(OH)_3$ , полученного методом конденсации?
5. Какие потенциалы и как будут меняться при добавлении к золю  $Fe(OH)_3$  электролита  $K_2SO_4$ ? По какому механизму будет осуществляться коагуляция?
6. Золотое число желатина 0,01, а гемоглобина 0,03-0,07. Защитное действие какого вещества выражено в большей степени?
7. Коагуляцию золя  $AgCl$ , стабилизированного хлоридом калия, вызывают смесью электролитов  $Th(NO_3)_4$  и  $K_2SO_4$ . Между ними идет реакция



Антагонизм или синергизм электролитов наблюдается в данном случае?

### В рабочей тетради

начертите графики:

1. Изменения сил притяжения и отталкивания с расстоянием.
2. Влияния индифферентных электролитов на  $\xi$ -потенциал (два случая).
3. Влияния неиндифферентных электролитов на  $\phi$ - и  $\xi$ -потенциалы (два случая).
4. Изменение  $\xi$ -потенциала в явлении чередования зон.
5. Отражающий аддитивное действие электролитов, синергизм и антагонизм электролитов.

Запишите формулы:

1. Закона шестой степени.
2. Расчета  $\varphi$ -потенциала, при котором начинается нейтрализационная коагуляция

Приготовьте конспект лабораторной работы «Устойчивость, коагуляция и стабилизация лиофобных зольей».

## **ТЕМА 15. МОЛЕКУЛЯРНО-КИНЕТИЧЕСКИЕ И ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДИСПЕРСНЫХ СИСТЕМ**

### **Учебные цели**

1. Молекулярно-кинетическая теория, первоначально разработанная для газов, а затем распространенная на молекулярные и ионные растворы, применима к коллоидным растворам и растворам ВМС. Изучение молекулярно-кинетических свойств: броуновского движения, диффузии, осмоса, гипсометрического распределения части по высоте – важно по двум причинам. Одна из них – экспериментальная проверка основных положений молекулярно-кинетической теории. Вторая причина – использование получаемых результатов для решения практических задач: определения размеров и массы частиц, фракционирования систем, очистки коллоидных растворов, решение проблем стабилизации, разрушения дисперсных систем и др.

2. Оптические свойства зольей определяются свойствами коллоидных частиц, поэтому, изучая оптические свойства системы, можно установить размер, форму и строение частиц, не видимых в обычный микроскоп. С помощью ультрамикроскопических наблюдений коллоидных систем удалось проверить основные молекулярно-кинетические представления, долгое время носившие гипотетический характер; изучение оптических свойств способствовало количественному толкованию таких процессов как диффузия, броуновское движение, седиментация, коагуляция. Ввиду того, что космическая пыль, туманы, облака и тончайшие взвеси твердых частиц в морской и речных водах являются коллоидными и микрогетерогенными системами, сведения об оптических свойствах

этих систем имеют важное практическое приложение в астрофизике, метеорологии, оптике моря.

### **Изучив эту тему, вы должны**

#### **«знать» -**

1. Сущность молекулярно-кинетических свойств и величины, количественно описывающие каждое свойство.
2. Факторы, от которых зависят рассматриваемые свойства.
3. Оптические явления, наблюдаемые при падении света на дисперсные системы, чем они обусловлены.
4. Сущность рассеяния света, его закономерности, уравнение Релея.
5. Закон Бугера-Ламберта-Бера, причины окраски золей.
6. Оптические методы исследования золей.

#### **«уметь» -**

Применять теоретические знания для решения вопросов, связанных с коагуляцией и седиментацией, определением размеров и формы частиц, объяснением некоторых природных явлений.

### **Учебные вопросы**

1. Молекулярно-кинетические свойства.
2. Оптические свойства дисперсных систем. Методы исследования, основанные на оптических свойствах.

### **Литература**

1. Беляев А.П., Кучук В.И., Евстратова К.И., Купина Н.А., Малахова Е.Е. Физическая и коллоидная химия: Учебник / Под ред. проф. Беляева А.П. – М.: ГЭОТАР - Медиа, 2008. – С. 510-518, 527-540.
2. Евстратова К.И., Купина Н.А., Малахова Е.Е. Физическая и коллоидная химия: учебник для фармацевтических ВУЗов и факультетов/ под ред. Евстратовой К.И. – М.: Высш. шк., 1990. – С. 370-379, 388-396.
3. Ершов Ю.А., Попков В.А., Берлянд А.С., Книжник А.З. Общая химия. Химия биогенных элементов: учебник для ВУЗов/ под ред. Ершова Ю.А. – 2-е изд., испр. и доп. – М: Высш. шк., 2000. – С. 498-504.

## Методические указания студентам по подготовке к занятию

При подготовке к занятию повторите классификацию дисперсных систем по степени дисперсности и изучите материал, рассмотрев следующие вопросы:

### I. Молекулярно-кинетические свойства

1. Какие свойства систем относятся к молекулярно-кинетическим?
2. Какова причина броуновского движения частиц дисперсных систем?
3. Какой количественной величиной описывается это свойство? Как эта величина зависит от размера частиц?
4. Значение открытия броуновского движения для химии.
5. Что такое диффузия? В каком случае наблюдается этот процесс?
6. Как рассчитывается количество продиффундированного вещества?
7. Раскройте физический смысл коэффициента диффузии.
8. От каких факторов зависит коэффициент диффузии?
9. Какой процесс называется осмосом? Что такое осмотическое давление, как оно рассчитывается для растворов неэлектролитов?
10. Как зависит осмотическое давление золь от размера частиц?
11. Что представляет собой гипсометрическое распределение частиц по высоте?
12. Как рассчитывается величина  $h_{1/2}$ , от чего она зависит?
13. Что такое седиментационное равновесие?

### II. Оптические свойства дисперсных систем. Методы исследования, основанные на оптических свойствах

1. Какие оптические явления могут наблюдаться при прохождении света через дисперсную систему?
2. Почему коллоидные растворы способны рассеивать свет?
3. Что такое опалесценция?
4. Проанализируйте уравнение Релея.
5. Как работает нефелометр?
6. Какие задачи решаются с помощью нефелометрии?
7. Чем отличается ультрамикроскоп от светового микроскопа?
8. Что можно изучать и определять с помощью ультрамикроскопии?
9. Как проявляется поглощение света золями?

## Вопросы и задания для самоконтроля знаний

1. В чем отличие молекулярно-кинетических свойств истинных растворов и золей?
2. Какой вид устойчивости дисперсных систем поддерживается броуновским движением?
3. Что такое седиментация? Как её используют на практике?
4. Какие оптические явления наблюдаются при падении света на:
  - а) водный раствор хлорида натрия;
  - б) водный раствор сульфата меди;
  - в) коллоидный раствор канифоли;
  - г) эмульсию типа «масло в воде»;
  - д) коллоидный раствор металлического золота (красного цвета).
5. Приведите примеры использования зависимости интенсивности рассеянного света от длины волны.
6. При хранении опалесцирующего раствора появилась мутность. На что это указывает?
7. Почему для светофоров выбраны красный, желтый и зеленый цвета?

## В рабочей тетради

1. Проработав учебный материал, составьте таблицу

Молекулярно-кинетическое свойство	Количественные характеристики	Зависимость свойства от размера части
1. Броуновское движение	Среднее квадратичное значение проекции смещения частицы на ось «х»	
2.		
3.		

## ТЕМА 16. КОЛЛОИДНАЯ ХИМИЯ ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ. НАБУХАНИЕ ВМС

### Учебные цели

Набухание, возникающее при контакте ВМС с растворителем, играет важную роль в жизни животных и растений, а также в ряде технологических процессов (дубление кож, производство целлюлозы и т.д.). При эксплуатации изделий из полимерных материалов следует учитывать возможность их набухания и подбирать для различных жидких и парообразных сред полимеры, минимально набухающие в этих средах. Наоборот, при переработке полимеров в изделия очень важно, чтобы в соответствующих средах они хорошо набухали.

Получение многих лекарственных форм связано с их стабилизацией растворами ВМС, для чего последние (белки, камеди, пектиновые вещества и т.д.) подвергают набуханию.

Велико физиологическое значение процесса. Так, эритроциты наряду с почками принимают участие в водно-солевом обмене. Это участие выражается в их способности набухать в венозной крови и уменьшать свой объем в легочных капиллярах. Нарушение водно-солевого обмена может привести к набуханию головного мозга и возникновению внутричерепного давления. Набухание наблюдается при протекании воспалительных процессов, образовании отеков, при проникновении кислых жидкостей в ткани, при ожоге кожи крапивой, при укусе насекомыми и т.д. Во всех указанных случаях набухание зависит, главным образом, от изменения в тканях рН среды.

### Изучив эту тему, вы должны

«знать» -

1. Какие вещества относятся к высокомолекулярным, особенности их строения, методы получения, некоторые свойства.
2. Набухание ВМС: виды, причины, механизм, термодинамику процесса.
3. Факторы, влияющие на степень набухания.
4. Полимерные электролиты: изоэлектрическую точку белков; влияние рН на свойства белков; высаливание и коацервацию.

5. Особенности растворов ВМС; их сходства и различия с растворами низкомолекулярных веществ и зольей.

**«уметь» -**

1. Определять знак макромолекулы белка в среде более кислой и более основной, чем ИЭТ.
2. Предлагать рН среды для разделения смеси белков методом электрофореза.
3. Предвидеть условия, способствующие увеличению степени набухания и переводу ограниченного набухания в неограниченное.

**«иметь практические навыки» -**

1. Взвешивать образцы желатина на торсионных весах.
2. Готовить буферные растворы.
3. Рассчитывать степень набухания.
4. Строить графическую зависимость степени набухания от рН.
5. Анализировать полученные экспериментальные данные и делать соответствующие выводы.

**Учебные вопросы**

1. ВМС. Методы получения, особенности строения, конформации.
2. Набухание ВМС.
3. Полимерные электролиты.

**Литература**

1. Беляев А.П., Кучук В.И., Евстратова К.И., Купина Н.А., Малахова Е.Е. Физическая и коллоидная химия: Учебник / Под ред. проф. Беляева А.П. – М.: ГЭОТАР - Медиа, 2008. – С. 653-673.
2. Евстратова К.И., Купина Н.А., Малахова Е.Е. Физическая и коллоидная химия: учебник для фармацевтических ВУЗов и факультетов/ под ред. Евстратовой К.И. – М.: Высш. шк., 1990. – С. 460-469.
3. Зимон А.Д., Лещенко Н.Ф. Коллоидная химия: Учебник для вузов. - 3-е изд. доп. и исправл. – М.: АГАР, 2001. – С. 15-19, 30-37, 60-66, 71-74, 75-86.

4. Гельфман М.И., Ковалевич О.В., Юстратов В.П. Коллоидная химия. – СПб.: Изд-во «Лань», 2003. – С. 178-187.
5. Ершов Ю.А., Попков В.А., Берлянд А.С., Книжник А.З. Общая химия. Химия биогенных элементов: учебник для ВУЗов / под ред. Ершова Ю.А. – 2-е изд., испр. и доп. – М: Высш. шк., 2000. – С. 527-537.

### **Методические указания студентам по подготовке к занятию**

При подготовке к занятию изучите материал, рассмотрев следующие вопросы

#### **I. ВМС. Методы получения, особенности строения, конформации**

1. Какие вещества относятся к высокомолекулярным? Какова их природа?
2. Какие реакции используются при получении синтетических ВМС? Какое строение могут иметь макромолекулы?
3. Какие виды сил действуют между атомами и макромолекулами?
4. С чем связана гибкость макромолекул?
5. От каких факторов зависит гибкость макромолекул?
6. Что такое конформация?

#### **II. Набухание ВМС**

1. Какой процесс называется набуханием?
2. Что является причиной набухания?
3. Как количественно можно описать процесс набухания?
4. Чем отличается ограниченное набухание от неограниченного?
5. Каков механизм набухания?
6. Опишите термодинамику набухания.
7. Покажите влияние различных факторов на степень и скорость набухания (молекулярная масса, температура, возраст, степень измельченности, строение и форма макромолекул, рН среды).
8. В каком случае возникает давление набухания?
9. Практическая значимость набухания.

#### **III. Полимерные электролиты**

1. Какие ВМС способны образовывать растворы-электролиты?
2. Как классифицируют полиэлектролиты?



3. Что такое изоэлектрическая точка белка, каковы методы её определения?
4. Каков заряд макромолекулы в среде, более кислой и более основной, чем ИЭТ?
5. Как влияет рН на форму макромолекулы?
6. Как изменяются свойства раствора белка в зависимости от рН?
7. Какой процесс называется высаливанием белка?
8. Каков механизм высаливания?
9. Отличие высаливания белков от коагуляции зольей.
10. Практическое применение высаливания.

### **Вопросы и задачи для самоконтроля знаний**

1. Какое строение полимерной цепи имеет полиэтилен, если известно, что он эластичен и хорошо растворяется?
2. Набухание и растворение ВМС – самопроизвольные процессы. За счет каких факторов происходит уменьшение свободной энергии системы?
3. В чем состоят сходства и различия между растворами ВМС и золями?
4. Натуральный каучук неограниченно набухает в бензоле, а эбонит совсем не набухает. С чем это связано?
5. К какому электроду будут передвигаться частицы белка при электрофорезе, если его ИЭТ = 4, а рН раствора 5?
6. При каком значении рН из раствора, содержащего глобулин (ИЭТ = 7), альбумин (ИЭТ = 4), можно выделить альбумин при электрофорезе?
7. С какой целью проводят высаливание белков? В чем сущность процесса?

### **В рабочей тетради**

1. Начертите графики зависимости массы образца и степени набухания от времени для ограниченного набухания (2 графика).
2. Начертите графики зависимости массы образца и степени набухания от времени для неограниченного набухания (2 графика).
3. Начертите график зависимости свойств растворов белков от рН.
4. Запишите формулы для расчета степени набухания.
5. Приготовьте конспект лабораторной работы «Влияние рН на степень набухания».

Для оформления работы необходимо иметь миллиметровую бумагу, линейку, карандаш, калькулятор.

## **ТЕМА 17. КОЛЛОИДНАЯ ХИМИЯ ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ. ВЯЗКОСТЬ РАСТВОРОВ ВМС**

### **Учебные цели**

Возникновение структур и их характер определяют, измеряя механические свойства систем: вязкость, упругость, пластичность, прочность. Их исследуют методами реологии. Реология – это наука о деформациях и течении материальных систем.

Реологические свойства систем учитываются в технологии лекарств, в частности, мазей. Фармакопея XI издания определяет мази как мягкую лекарственную форму, предназначенную для нанесения на кожу, раны, слизистые оболочки. Термин «мази» охватывает собственно мази, а так же кремы, гели, пасты, линименты. Мягкие лекарственные средства имеют ньютоновский тип течения и могут характеризоваться определенной структурной вязкостью, псевдопластическими, пластическими и тиксотропными свойствами.

Изучение вязкости биологических растворов (крови, плазмы, сыворотки) дает определенную информацию о свойствах биополимеров и их функциональном состоянии. Так, по зависимости вязкости от pH находят изоэлектрическую точку белков. В биофизике один из методов определения молекулярных масс связан с измерением вязкости.

Вязкость крови является объектом исследования в связи с изучением различных проблем свертываемости крови, микроциркуляции в норме и патологии. Данные о вязкости крови используются при конструировании аппаратуры для искусственного кровообращения, для коррекции реологических свойств крови, а также для диагностики заболеваний. Известно, что вязкость повышается при атеросклерозе, венозных тромбозах, при ревматоидном артрите и т.д. Понижение вязкости крови наблюдается при циррозах печени, желтухе, пневмонии. Изменение вязкости крови – одна из наиболее важных причин изменения скорости оседания эритроцитов (СОЭ).

## **Изучив эту тему, вы должны**

### **«знать» -**

1. Законы вязкого течения жидкостей.
2. Аномальный характер вязкости растворов ВМС.
3. Виды вязкости: удельная, относительная, приведенная, характеристическая.
4. Методы определения вязкости.
5. Факторы, влияющие на вязкость.

### **«уметь» -**

4. Рассчитывать вязкость.
5. Анализировать графическую зависимость вязкости от рН.

### **«иметь практические навыки» -**

1. Определять вязкость с помощью капиллярного вискозиметра.
2. Рассчитывать удельную вязкость.
3. Строить график  $\eta = f(\text{pH})$ .
4. Находить изоэлектрическую точку вискозиметрическим методом.

## **Учебные вопросы**

1. Вязкость. Законы Ньютона, Пуазейля, Эйнштейна.
2. Виды вязкости. Факторы, влияющие на вязкость.
3. Вискозиметрия и её применение.

## **Литература**

1. Беляев А.П., Кучук В.И., Евстратова К.И., Купина Н.А., Малахова Е.Е. Физическая и коллоидная химия: Учебник / Под ред. проф. Беляева А.П. – М.: ГЭОТАР - Медиа, 2008. – С. 682-700.
2. Евстратова К.И., Купина Н.А., Малахова Е.Е. Физическая и коллоидная химия: учебник для фармацевтических ВУЗов и факультетов/ под ред. Евстратовой К.И. – М.: Высш. шк., 1990. – С. 472-474.
3. Зимон А.Д., Лещенко Н.Ф. Коллоидная химия: Учебник для вузов. – 3-е изд. доп. и исправл. – М.: АГАР, 2001. – С. 15-19, 30-37, 60-66, 71-74, 75-86.

4. Гельфман М.И., Ковалевич О.В., Юстратов В.П. Коллоидная химия. – СПб.: Изд-во «Лань», 2003. – С. 154-160.
5. Ершов Ю.А., Попков В.А., Берлянд А.С., Книжник А.З. Общая химия. Химия биогенных элементов: учебник для ВУЗов / под ред. Ершова Ю.А. – 2-е изд., испр. и доп. – М: Высш. шк., 2000. – С. 537-539.

### **Методические указания студентам по подготовке к занятию**

При подготовке к занятию повторите

1. ВМС, форма макромолекул, гибкость цепей.
2. Полимерные электролиты. Изоэлектрическая точка. Влияние рН на заряд макромолекул, их форму и свойства растворов.

Изучите материал, рассмотрев следующие вопросы

#### **I. Вязкость. Законы Ньютона, Пуазейля, Эйнштейна**

1. Что такое вязкость и какова причина её возникновения?
2. Какое течение жидкости называется ламинарным и турбулентным?
3. Сформулируйте и запишите закон Ньютона.
4. О чем говорит постулат Пуазейля? Запишите соответствующее уравнение.
5. Между какими величинами устанавливает связь закон Эйнштейна?
6. Для каких систем справедливы рассмотренные законы? Приведите пример ньютоновских и неньютоновских жидкостей.
7. В чем проявляется и как объясняется аномальный характер вязкости растворов ВМС?

#### **II. Виды вязкости. Факторы, влияющие на вязкость**

1. Что такое удельная и относительная вязкость? Как их рассчитывают?
2. Уравнение Штаудингера. Введите понятие приведенной вязкости.
3. Дайте определение характеристической вязкости. Запишите уравнение Марка-Хаувинка.
4. Рассмотрите влияние на вязкость таких факторов, как температура, концентрация раствора, время, добавки, рН среды.

### III. Вискозиметрия и её применение

1. Какой метод исследования называется вискозиметрией?
2. Как рассчитывается вязкость по данным метода падающего шарика? Запишите уравнение.
3. Какие виды вискозиметров вам известны?
4. Как определяется вязкость с помощью капиллярного вискозиметра?
5. Как работают ротационные вискозиметры?
6. Определение формы макромолекул, молекулярной массы ВМС, ИЭТ белков вискозиметрическим методом.

#### Вопросы и задачи для самоконтроля знаний

1. Константы уравнения для синтетического каучука в хлороформе таковы:  $\alpha = 0,56$ ;  $K = 1,85 \cdot 10^{-5}$ . Чему равна характеристическая вязкость образца, молекулярная масса которого  $3 \cdot 10^5$ ? (Ответ:  $[\eta] = 0,02$  Н)
2. Какую информацию несет коэффициент  $\alpha$  в уравнении Марка-Хаувинка?
3. Суспензии – жидкая лекарственная форма, содержащая в качестве дисперсной фазы одно или несколько измельченных порошкообразных веществ, распределенных в жидкой дисперсионной среде. Их устойчивость является обратной величиной скорости седиментации, которая рассчитывается по уравнению Стокса:

$$V = \frac{2}{9} \cdot \frac{r^2(\rho - \rho_0)g}{\eta}$$

где  $\rho$  – плотность частиц;

$\rho_0$  – плотность среды;

$r$  – радиус частиц;

$\eta$  – вязкость среды;

$g$  – ускорение силы тяжести.

Как влияет вязкость среды на устойчивость суспензий?

4. Как определяется вязкость среды с помощью ротационных вискозиметров?
5. Пасты – это высококонцентрированные суспензии, обладающие структурой. Одним из типичных свойств паст является тиксотропия, т.е. способность разжижаться под действием

внешних сил и восстанавливать структуру в покое. Предложите метод контроля восстановления структуры и оценки глубины явления тиксотропии.

6. Почему в ИЭТ вязкость растворов белков имеет минимальное значение?

### **В рабочей тетради**

1. Запишите формулы из данной темы.
2. Начертите графики зависимости вязкости от приложенной силы для ньютоновских жидкостей и растворов ВМС, а также от pH.
3. Приготовьте конспект отчета по работе «Влияние pH на вязкость». Для оформления работы необходимо иметь миллиметровую бумагу, линейку, карандаш, калькулятор.

## **ТЕМА 18. СВОЙСТВА ГЕЛЕЙ И СТУДНЕЙ. КОЛЛОИДНЫЕ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫЕ ВЕЩЕСТВА**

### **Учебные цели**

1. Гели и студни - нетекучие структурированные системы, получаемые из зелей и растворов ВМС за счет действия сил Ван-дер-Ваальса, водородных или химических связей, широко распространены в природе и находят разнообразное применение. К ним относят, например, алюмогель, тело медузы, ногти, глазное яблоко, кожу, бумагу, древесину, торф, почвы и т.д.. Их применяют в пищевой, легкой, фармацевтической промышленности.

2. Коллоидными ПАВ называют соединения, способные не только концентрироваться на границе раздела фаз, что вообще характерно для поверхностно-активных веществ, но и образовывать мицеллярные растворы. Эти вещества в настоящее время очень широко применяются в различных отраслях промышленности, по темпам роста производства они занимают одно из первых мест среди продукции химического производства. Их применяют для стирки и обработки тканей, как средства, облегчающие диспергирование твердых тел, как эмульгаторы в производстве фармацевтических и косметических препаратов, как пенообразователи в противопожарной технике и во многих других случаях. Солюбилизирующая способность мицеллярных растворов ПАВ используется для

получения водных растворов камфоры, витаминов А и Е, гормонов и т.д.

### **Изучив эту тему, вы должны**

**«знать» -**

**1.**

1. Какие системы относятся к гелям и студням, их отличительные особенности.
2. Факторы, способствующие структурированию.
3. Свойства гелей и студней: тиксотропия, синерезис, диффузия в гелях и студнях.

**2.**

1. Строение и классификацию коллоидных ПАВ.
2. Причину мицеллообразования в растворах ПАВ.
3. ККМ, её определение (экспериментально).
4. Солюбилизацию и механизмы коллоидного растворения.
5. Отличие типичных золь от коллоидных растворов ПАВ.

**«уметь» -**

Применять полученные знания для объяснения явлений, происходящих в гелях и студнях, а также в присутствии коллоидных ПАВ.

### **Учебные вопросы**

1. Гели и студни: получение, характерные и отличительные особенности. Факторы, влияющие на процесс структурирования.
2. Свойства гелей и студней.
3. Коллоидные ПАВ. Состояние их в растворе. Солюбилизация.

### **Литература**

1. Беляев А.П., Кучук В.И., Евстратова К.И., Купина Н.А., Малахова Е.Е. Физическая и коллоидная химия: Учебник / Под ред. проф. Беяева А.П. – М.: ГЭОТАР - Медиа, 2008. – С. 638-651, 673-679.
2. Евстратова К.И., Купина Н.А., Малахова Е.Е. Физическая и коллоидная химия: учебник для фармацевтических ВУЗов и

факультетов/ под ред. Евстратовой К.И. – М.: Высш. шк., 1990. – С. 440-446; 474-477.

3. Ершов Ю.А., Попков В.А., Берлянд А.С., Книжник А.З. Общая химия. Химия биогенных элементов: учебник для ВУЗов/ под ред. Ершова Ю.А. – 2-е изд., испр. и доп. – М: Высш. шк., 2000. – С. 523-526; 544-545.

### **Методические указания студентам по подготовке к занятию**

При подготовке к занятию повторите материал по темам:

1. «ВМС»: строение, гибкость цепей, конформации, набухание ВМС, а также «Коагуляция золь»;
2. . «ПАВ и их свойства».

Изучите материал, рассмотрев следующие вопросы

#### **I. Гели и студни: получение, характерные и отличительные особенности. Факторы, влияющие на процесс структурирования**

1. Какие системы относятся к гелям и студням?
2. Какими способами можно получить студень?
3. Что такое «свободная» и «связанная» вода?
4. Как можно отличить гель от студня?
5. Каковы отличительные особенности гелей и студней?
6. Какие условия способствуют структурированию золь и растворов ВМС?

#### **II. Свойства гелей и студней**

1. Какой процесс называется синерезисом?
2. Почему со временем в структурированных системах возможен синерезис?
3. Как проявляются тиксотропные свойства систем?
4. За счет каких сил образуются структуры, если они обладают тиксотропными свойствами?
5. Как проходит диффузия в гелях и студнях? Рассмотрите влияние концентрации студня, структуры и размера диффундирующих частиц на скорость диффузии.
6. Какими процессами может сопровождаться диффузия? Где это используется?
7. Какие реакции называются периодическими?



### **III. Коллоидные ПАВ. Состояние их в растворе. Солюбилизация**

1. Какие ПАВ относятся к коллоидным?
2. Классификация коллоидных ПАВ.
3. Что является причиной мицеллообразования коллоидных ПАВ?
4. Что называется критической концентрацией мицеллообразования (ККМ)?
5. Как можно экспериментально определить ККМ?
6. Что представляют собой сферические мицеллы?
7. Как строятся пластинчатые мицеллы?
8. Чем раствор коллоидного ПАВ принципиально отличается от типичного коллоидного раствора (золя)?
9. Что такое солюбилизация?
10. Чем отличается прямая солюбилизация от обратной?
11. Практическое применение коллоидных ПАВ и солюбилизации.

#### **Вопросы для самоконтроля знаний**

1. Какие структурированные системы называются коагуляционными? За счет каких сил они образуются?
2. С какими свойствами можно связать отделение сыворотки при свертывании крови, развитие возрастной катаракты, черствение хлеба, отмокание карамели?
3. Мягкие контактные линзы (МКЛ) можно использовать как средство введения лекарственных препаратов в глаз. Основой большинства композиций для производства МКЛ является гидрогелевый материал. Линза насыщается лекарством 3-4 часа и обеспечивает терапевтические уровни лекарств в тканях переднего отрезка глаза. Как можно объяснить пролонгированное действие этой глазной лекарственной формы?
4. В офтальмологии существует диагноз «синдром сухого глаза». Это заболевание возникает вследствие нарушения качества и/или количества слезной жидкости, которая смачивает поверхность глазного яблока и покрывает её тонким слоем, защищая глазное яблоко от высыхания и патогенных микроорганизмов, а также содержит в себе вещества, питающие роговицу. ВИДИСИК – первый в мире заменитель слезной жидкости в форме геля. В характеристике указано, что ВИДИСИК – гель с уникальными тиксотропными свойствами. Что это означает?

5. Что общего и в чем состоит различие между низкомолекулярными и коллоидными ПАВ?
6. Почему катионактивные ПАВ используются в фармации как бактерицидные, фунгицидные и дезинфицирующие средства?
7. Какие системы по степени дисперсности получаются при эмульгировании и солюбилизации бензола в воде в присутствии натриевого мыла?

Учебное издание

**Авторы:**

кандидат химических наук, доцент

**Олишевец Людмила Ивановна**

кандидат химических наук

**Тверякова Елена Никитична**

кандидат химических наук, доцент

**Кузнецова Ольга Гавриловна**

**Тимофеева Людмила Петровна**

**ФИЗИЧЕСКАЯ И КОЛЛОИДНАЯ ХИМИЯ**

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

Отпечатано в авторской редакции

Редакционно-издательский отдел СибГМУ

634050, г. Томск, пр. Ленина, 107

тел. 8(382-2) 51-41-53

факс. 8(382-2) 51-53-15

E-mail: [bulletin@bulletin.tomsk.ru](mailto:bulletin@bulletin.tomsk.ru)

---

Подписано в печать 10.11.2011 г.

Формат 60x84<sup>1/16</sup>. Бумага офсетная.

Печать ризограф. Гарнитура «Times». Печ. лист. 6,18

Тираж 100 экз. Заказ №

---

Отпечатано в лаборатории оперативной полиграфии СибГМУ

634050, Томск, ул. Московский тракт, 2