

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

## ХИМИЯ

физическая и коллоидная

Для студентов заочного отделения  
института фундаментальной подготовки и технологических  
инноваций по направлению 20.03.01 Техносферная безопасность

Санкт-Петербург  
2020

Учебное пособие подготовлено к публикации кафедрой 31 управления в технических системах СПбГУАП по рекомендации методической комиссией общетехнического факультета Санкт-Петербургского государственного университета аэрокосмического приборостроения.

Составитель ст. преподаватель Крылова Т.Е.

Рецензент д.х.н., профессор Виграненко Ю.Т.

Методическая разработка содержит контрольные задания по разделам курса «физическая и коллоидная химия»

**Химия:** В учебном пособии содержатся методические указания, решения типовых задач и контрольные задания, для выполнения студентами Санкт-Петербургского государственного университета аэрокосмического приборостроения по специальности Техносферная безопасность. Тематические разделы пособия выдержаны в строгом соответствии с содержанием программы курса химии по направлению: Инженерная защита окружающей среды.

**Цели и задачи.**

Изучение химических систем и фундаментальных законов химии с позиций современной науки. Формирование навыков экспериментальных исследований для изучения свойств веществ и их реакционной способности

Ув студенты, Вам необходимо выполнить все задачи в разделе

**КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА страница 12-15**

**( все 14 задач, не зависимо от № зачётной книжки)**

**Раздел 1. Физическая химия.****Тема 1.1. Основные понятия и законы термодинамики. Термохимия.**

**Знать:** - основные понятия и законы термодинамики и термохимии;

- теоретические основы термодинамических расчетов.

**Уметь:** применять основные законы химии для решения задач в области профессиональной деятельности

**Вопросы для самоконтроля:**

1. Какие вопросы решает термодинамика?
2. Как формируется первое начало термодинамики?
3. Как связаны изменения внутренней энергии и энтальпии с тепловыми эффектами реакции?
4. Чем отличаются химические уравнения от термохимических?
5. Что определяет второе начало термодинамики?

**Тема 1.2. Агрегатные состояния веществ.**

Студент должен:

**Знать:** - агрегатные состояния веществ, их общую характеристику

- поверхностное натяжение и вязкость, их значение в технологии.

**уметь:** - определять опытным путем поверхностное натяжение

и вязкость жидкостей, рассчитывать эти величины;

- определять погрешность эксперимента.

**Методические рекомендации по изучению темы.**

В рамках данной темы необходимо изучить: Типы химических связей. Агрегатные состояния веществ, их общая характеристика. Газообразное состояние вещества. Идеальный газ, основные законы идеального газа. Реальные газы. Критическое состояние. Изотерма реального газа. Сжижение газов, их применение. Жидкое состояние вещества. Свойства жидкостей,

изотропность, внутреннее строение, ассоциация молекул, температура кипения. Поверхностное натяжение. Методы определения поверхностного натяжения. Поверхностно-активные вещества, их роль в технологии продукции общественного питания (эмульгирование, пенообразование). Вязкость жидкостей, ее зависимость от различных факторов. Методы определения относительной вязкости. Твердое состояние вещества. Кристаллическое и аморфное состояния. Образование и разрушение кристаллов. Сублимация, ее значение в консервировании пищевых продуктов.

**Вопросы для самоконтроля:**

1. Что такое идеальные и реальный газ?
2. Какими свойствами отличаются твердые кристаллические тела от аморфных?
3. Каковы причины возникновения внутреннего трения у жидкостей?
4. Чем определяются свойства кристаллических тел?
5. Основные типы кристаллических решеток.

**Тема 1.3. Химическая кинетика и катализ.**

**Студенты должны:**

**Знать:-** основные законы кинетики химических реакций, их использование в технологии продукции питания;

- катализ и катализаторы, их роль в различных процессах

**уметь:** - характеризовать состояние химического равновесия и условия его смещения;

- экспериментально определять зависимость скорости химических реакций от различных факторов;

- решать задачи на расчет изменения скорости химических реакций и на смещение химического равновесия.

Методические рекомендации по изучению темы.

В рамках данной темы необходимо изучить: Предмет химической кинетики. Скорость химической реакции. Влияние природы реагирующих веществ, площади поверхности, температуры и концентрации на скорость реакции. Правило Вант-Гоффа. Закон действующих масс. Влияние температуры на процессы приготовления пищи, хранение пищевого сырья и готовой продукции. Катализ и катализаторы. Катализаторы положительные и отрицательные, условия их действия. Ферменты, их значение. Обратимые и необратимые химические реакции. Химическое равновесие. Константа равновесия, ее физический смысл.

Принцип Ле Шателье. Влияние температуры, давления и концентрации на смещение химического равновесия.

**Вопросы для самоконтроля:**

1. Определение скорости химической реакции.
2. Факторы, влияющие на скорость химической реакции.
3. Что называется катализом и катализатором?
4. Что такое ингибиторы?
5. Механизм действия катализаторов.

### Тема 1.4. Свойства растворов.

#### Студенты должны:

**знать:** -определение раствора, способы выражения концентрации;

-влияние различных факторов на растворимость газов, жидкостей и твердых веществ, их использование в технологии продукции питания;

-основные свойства раствора неэлектролитов и электролитов, их значение в технологических и физиологических процессах.

**уметь:** -решать задачи на расчет концентрации растворов;

-определять кислотно-щелочные свойства растворов расчетным и опытным путем.

Методические рекомендации по изучению темы.

В рамках данной темы необходимо изучить: Общая характеристика растворов. Способы выражения концентраций. Механизм растворения. Сольватная (гидратная) теория растворов Д.И.Менделеева. Растворимость газов в жидкостях, зависимость от температуры и давления. Использование этих факторов в технологических процессах. Растворимость жидкостей, ее зависимость от различных факторов Растворимость в двухслойных жидкостях. Экстракция, ее практическое применение в технологических процессах. Растворимость твердых веществ, зависимость от температуры и степени измельчения. Использование этих факторов в технологии продукции общественного питания. Свойства разбавленных растворов. Диффузия. Зависимость скорости диффузии от различных факторов. Значение диффузии в технологических процессах и физиологии питания.

Осмоз и осмотическое давление. Закон Вант- Гоффа. Плазмолиз, плазмолитис и тургор в живых клетках. Растворы изотонические, гипертонические, гипотонические. Значение осмоса в природе технологических и физиологических процессах.

Замерзание и кипение растворов. Первый и второй законы Рауля, их значение. Свойства растворов электролитов.

Теория электролитической диссоциации. Сильные и слабые электролиты. Степень диссоциации, ее зависимость от температуры и концентрации раствора.

Константа диссоциации, ее зависимость от температуры.

Диссоциация воды. Ионное произведение воды. Нейтральная, кислая, щелочная среда. Водородный показатель. Способы определения рН среды. Значение рН среды в технологических процессах. Понятие о буферных растворах, использование.

#### Вопросы для самоконтроля:

1. Чем отличается гомогенная система от гетерогенной системы?
2. Что называется фазой, компонентом?
3. Что называется раствором?
4. Что такое диффузия?
5. Что такое осмос и от чего зависит осмотическое давление раствора?

### ТЕМА 1.5. Поверхностные явления. Адсорбция.

#### Студенты должны:

**знать:** -термодинамическую характеристику поверхности;

-определение и виды адсорбции, ее практическое использование

-поверхностно-активные вещества и их применение.

**уметь:** -проводить эксперименты по исследованию процессов адсорбции

Методические рекомендации по изучению темы.

В рамках данной темы необходимо изучить: Понятие о дисперсных системах. «Коллоидно-химическое» восприятие мира. Общие свойства пограничных слоев. Термодинамическая характеристика поверхности. Определение адсорбции, виды сорбции. Характеристика процесса адсорбции: зависимость от температуры, площади поверхности; избирательный характер. Адсорбция на поверхности раствор — газ. Уравнение Гибсса, его анализ. Поверхностно-активные и поверхностно-неактивные вещества. Роль поверхностно-активных веществ в эмульгировании, пенообразовании, их использование в санитарии. Адсорбция газов и растворенных веществ твердыми адсорбентами. Зависимость адсорбции от величины площади поверхности адсорбента, от температуры, его природы растворителя. Удельная адсорбция. Гидрофильные и гидрофобные поверхности. Молекулярная, ионная ионообменная адсорбция. Применение адсорбции в технологических процессах и санитарии. Понятие о хроматографии, использование.

#### Вопросы для самоконтроля:

- 1.Что такое адсорбция и абсорбция?
- 2.Какие факторы влияют на адсорбцию газов твердыми адсорбентами?
- 3.Чем отличается адсорбция паров на пористых адсорбентах от адсорбции газов?
- 4.Какое строение имеют дифильные молекулы?
- 5.Что такое иониты?

### Раздел 2. Коллоидная химия.

#### Тема 2.1. Предмет коллоидной химии. Дисперсные системы.

#### Студенты должны:

**знать:** -определение коллоидной химии, объекты ее изучения, связь с другими дисциплинами;

-классификацию и характеристику дисперсных систем.

**уметь:**- отличать дисперсные системы по характерным признакам

Методические рекомендации по изучению темы.

В рамках данной темы необходимо изучить: Основные понятия и определения. Коллоидная химия — наука о поверхностных явлениях. Значение коллоидной химии и связь с другими дисциплинами. Дисперсные системы: определение, примеры. Характеристика дисперсных

систем: степень дисперсности и удельная поверхность. Классификация по степени дисперсности. Классификация дисперсных систем по агрегатному состоянию, примеры. Использование и роль коллоидно-химических процессов в технологии продукции общественного питания.

**Вопросы для самоконтроля:**

1. Что такое дисперсная система?
2. Как классифицируются дисперсные системы?
3. Что такое агрегатное и кинетическая устойчивость системы?
4. Какими методами получают коллоидные системы.

**Тема 2.2. Коллоидные растворы.**

**Студенты должны:**

**знать:** -строение коллоидных частиц, свойства золей, методы их получения и очистки.

**уметь:** -составлять схемы строения и формулы мицелл;

-получать и исследовать свойства коллоидных растворов

Методические рекомендации по изучению темы.

В рамках данной темы необходимо изучить: Коллоидные растворы (золи): понятие, виды, общая характеристика. Методы получения коллоидных растворов: диспергирование, конденсация, цептизация. Применение этих методов для получения пищевых продуктов. Очистка золей: диализ, электродиализ, ультрафильтрация; их применение. Строение коллоидных частиц. Правило Цеского- Фаянса. Оптические свойства золей: опалесценция, эффект Фарадея-Тиндаля, окраска солей. Молекулярно-кинетические свойства золей: броуновское движение, диффузия, осмотическое давление, седиментация. Центрифугирование: понятие, использование. Электрокинетические явления. Электроосмос и электрофорез, их использование. Устойчивость и коагуляция золей. Факторы, вызывающие коагуляцию. Коллоидная защита. Пептизация.

**Вопросы для самоконтроля:**

1. Что такое золи?
2. Какие методы существуют для получения коллоидных растворов?
3. Какие методы очистки золей?
4. Что такое броуновское движение, диффузия, седиментация?
5. Что такое коагуляция золей?

**Практическое занятие.**

1. Получение коллоидных растворов.

**Тема 2.3. Грубодисперсные системы.**

**Студенты должны:**

**знать:** характеристики грубодисперсных систем, их строение, свойства, методы получения и стабилизации;

**уметь:** получать устойчивые эмульсии и пены.

Методические рекомендации по изучению темы.

В рамках данной темы необходимо изучить: Эмульсии: определение, примеры, классификация. Строение эмульсий. Устойчивость, природа и роль эмульгатора. Получение и общие свойства эмульсий. Диемульгирование. Состав и строение пищевых эмульсий. Пены: определение, строение и устойчивость. Роль пенообразователей. Получение и разрушение исп. Виды пен, примеры. Состав и строение пищевых пен. Порошки, суспензии, пасты: определение, строение, методы получения. Характеристика пищевых продуктов, относящихся к этим системам. Влияние размера частиц на качество; значение в технологических процессах и рационе питания. Аэрозоли, дымы, туманы: определение и примеры. Значение аэрозолей. Загрязнение окружающей среды дисперсными системами; защита окружающей среды.

**Вопросы для самоконтроля:**

1. Что такое эмульсии?
2. Что такое пены?
3. Что такое порошки?
4. Что такое суспензии?
5. Что такое пасты, аэрозоли, дымы, туманы ?

**Тема 4.4. Физико – химические методы анализа**

**Студенты должны:**

**знать:** - сущность физико-химических методов анализа;

-Сущность и значение колориметрического метода

**уметь:-** применять методы в химико-технологическом контроле.

Методические рекомендации по изучению темы.

В рамках данной темы необходимо изучить: Понятие о физико – химических методах анализа. Основные методы физико – химического анализа. Колориметрия

Рекомендуемая литература.

Гельфман М.И., Ковалевич О.В., Юстратов В.П., Коллоидная химия СПб : Издательство «Лань», 2003.-336с.,ил-(учебники для вузов, специальная литература)

Ахметов, Н.С., Лабораторные и семинарские занятия по общей и неорганической химии.: Учебное пособие 6-е изд., / Н.С. Ахметов, М.К. Азизова, Л.И. Бадыгина.— СПб. : Лань, 2014. — 368 с. ( Учебники для вузов

В личном кабинете выложены в помощь материалы по физ и коллоидной химии

**Лабораторная работы****Лабораторные работы.** ( На сессии)

1. Определение зависимости скорости реакций от температуры и концентрации реагирующих веществ.
2. Получение дисперсных систем
3. Адсорбция

Пример решения практической задачи

**Задача:**

При изучении адсорбции паров этанола на активированном угле были получены следующие данные:

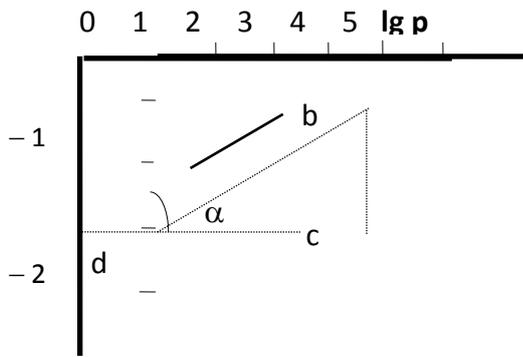
$p \times 10^{-2}$ , Па	5,33	9,87	17,33	23,06	45,53
$A \times 10^3$ , м <sup>3</sup> /кг	14,9	19,1	24,2	27,3	36,8

( $p$  – равновесное давление пара,  $A$  – величина адсорбции). Графически определите константы уравнений Фрейндлиха и Ленгмюра. Рассчитайте величину адсорбции при  $p = 3000$  Па. Используя оба уравнения, вычислите, сколько этанола адсорбируется на 5 кг угля.

**Решение:** Для нахождения констант уравнения Фрейндлиха строят график зависимости  $\lg A = f(\lg p)$ . Для этого надо логарифмировать исходные данные:

$\lg A$	-1,83	-1,72	-1,62	-1,56	-1,43
$\lg p$	2,72	2,99	3,24	3,36	3,66

и построить по ним график:



Он отсекает от оси ординат отрезок, равный  $\lg a = -3,02$ ; отсюда  $a = 9,55 \times 10^{-4}$ . По угловому коэффициенту графика находим второй коэффициент:  $1/n = \operatorname{tg} \alpha = bc/dc = 0,4/0,94 = 0,43$ . Теперь по уравнению Фрейндлиха  $A = a p^{1/n}$

рассчитываем величину адсорбции:

$$A = x/m = 9,55 \times 10^{-4} \times 3000^{0,43} = 2,99 \times 10^{-2} \text{ м}^3/\text{кг}.$$

На 5 кг угля при этом адсорбируется

$$x = mA = 5 \times 2,99 \times 10^{-2} = 0,149 \text{ м}^3 \text{ этанола}.$$

Для нахождения констант уравнения Ленгмюра строят график зависимости  $1/A = f(1/p)$ . Для этого надо найти обратные значения:

$1/p$	0,00188	0,00101	0,00058	0,00043	0,00022
$1/A$	67,11	52,36	41,32	36,63	27,17

Строим по этим данным график и экстраполируем его на ось ординат.

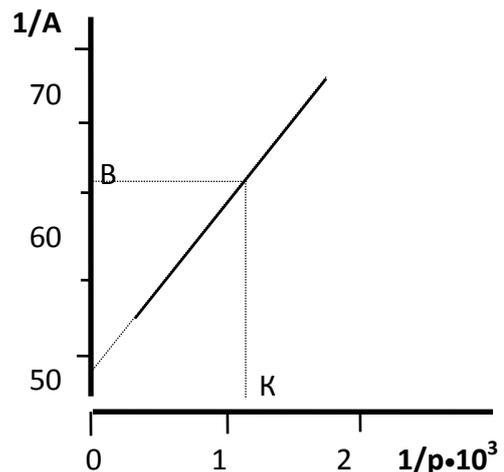
По графику определяем отрезки:

$$OD = 1/A_{\infty} = 26; \quad OB = 2/A_{\infty} =$$

$$52 \text{ кг/м}^3; \quad OK = 1/b = 0,0011 \text{ Па}^{-1}.$$

Отсюда находим константы  $A_{\infty}$  и  $b$ :

$$A_{\infty} = 1/26 = 0,0385 \text{ м}^3/\text{кг};$$



$$b = 1/0,0011 = 909 \text{ Па.}$$

Зная константы, рассчитаем величину адсорбции по уравнению Ленгмюра:

$$A = A_{\infty} \frac{p}{p + b} = 0,0385 \frac{3000}{3000 + 909} = 29,5 \times 10^{-3} \text{ м}^3/\text{кг.}$$

Значит, на 5 кг угля адсорбируется  $5 \times 29,5 \times 10^{-3} = 0,148 \text{ м}^3$  этанола.

## КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА

### Задача 1.

Напишите уравнение реакции сгорания метана. Вычислите стандартную теплоту образования метана, если его стандартная теплота сгорания

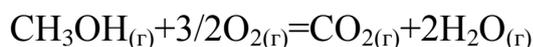
$$\Delta H_c^0 = -890,31 \text{ кДж/моль}$$

Продукты сгорания имеют следующие теплоты образования (кДж/моль)

$$\Delta H_{f \text{ CO}_2(\text{г})}^0 = -393,51 \text{ кДж/моль}; \Delta H_{f \text{ H}_2\text{O}(\text{ж})}^0 = -285,84 \text{ кДж/моль}$$

### Задача 2.

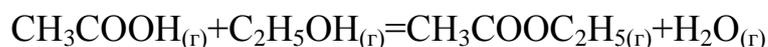
Используя уравнение Кирхгоффа для небольшого температурного интервала рассчитать тепловой эффект реакции



при температуре 500К и давлении  $1,0133 \times 10^5$  Па.

### Задача 3.

Значение стандартной энергии Гиббса  $\Delta G_r^0$  реакции



равно  $-3,434$  кДж/моль. Вычислите константы равновесия  $K_p$  и  $K_c$ . Каков будет состав равновесной реакционной смеси, если в реакцию введены 1 моль кислоты и 2 моля спирта?

### Задача 4.

Выразите известным вам способом концентрацию раствора 10 г NaCl в 100 мл (г) воды. В качестве способов выражения концентрации используйте:

- 1) молярную весовую концентрацию (моляльность);
- 2) молярную объемную концентрацию (молярность);

- 3) нормальность (молярную концентрацию эквивалента) ;
- 4) моляльную (молярную) долю;
- 5) титр;
- 6) весовой процент;
- 7) число граммов растворенного вещества на 100 г растворителя (коэффициент растворимости при данных условиях).

### Задача 5.

Константа скорости диссоциации фосгена



при температуре 382°C равна  $0,5 \times 10^{-2} \text{ мин}^{-1}$ , а при температуре 482°C –  $67,6 \times 10^{-2} \text{ мин}^{-1}$ . Рассчитать: а) энергию активации реакции; б) константу скорости реакции при температуре 425°C; в) количество фосгена, которое разложится при температуре 382°C за 100 минут после начала реакции, если начальное содержание его составляло 1 моль/л.

### Коллоидная химия

#### Задача 1.

Найти поверхностное натяжение анилина  $\sigma$ , если сталагмометрическим методом при 20°C получены следующие данные: число капель анилина  $n = 42$ , воды  $n_0 = 18$ . Плотность анилина  $\rho = 1,4 \times 10^3 \text{ кг/м}^3$ ; поверхностное натяжение воды  $\sigma_0 = 72,75 \times 10^{-3} \text{ Н/м}$ .

#### Задача 2.

Найти поверхностное натяжение анилина, если методом наибольшего давления пузырьков получены данные: давление пузырьков при пропускании их через воду равно  $11,8 \cdot 10^2 \text{ Н/м}$ , а в анилин – 712 Н/м.

Температура 20°C, поверхностное натяжение воды  $\sigma_0 = 72,75 \cdot 10^{-3} \text{ Н/м}$

**Задача 3.**

Используя константы уравнения Шишковского ( $a = 12,6 \times 10^{-3}$  и  $b = 21,5$ ), рассчитайте поверхностное натяжение водного раствора масляной кислоты с концентрацией  $0,104$  моль/л при  $273\text{K}$ . Поверхностное натяжение воды при этой температуре  $\sigma_0 = 75,62 \times 10^{-3}$  Н/м.

**Задача 4.**

Коллоидный раствор колларгола содержит частицы серебра с диаметром  $6 \times 10^{-8}$  см. Определите число частиц, образующихся при диспергировании  $0,5$  см<sup>3</sup> серебра, удельную поверхность золя и суммарную поверхность частиц, если они имеют: а) сферическую форму с диаметром ( $d$ )  $6 \cdot 10^{-8}$  см  
б) кубическую с длиной ребра ( $\ell$ )  $10^{-6}$  см.

**Задача 5**

Определите поверхностный избыток (в кмоль/м<sup>2</sup>) при  $10^\circ\text{C}$  для водного раствора, содержащего  $50$  мг/л пеларгоновой кислоты  $\text{C}_8\text{H}_{17}\text{COOH}$ . Поверхностные натяжения исследуемого раствора и воды соответственно равны  $57 \times 10^{-3}$  Н/м и  $74,22 \times 10^{-3}$  Н/м.

**Задача 6**

Определите длину молекулы масляной кислоты на поверхности раздела «раствор – воздух», если площадь, занимаемая одной молекулой в поверхностном слое, равна  $30 \times 10^{-20}$  м<sup>2</sup>, а плотность масляной кислоты  $\rho = 978$  кг/м<sup>3</sup>.

**Задача 7.**

Напишите формулу мицеллы коллоидного раствора сульфата бария, полученного методом химической конденсации при взаимодействии  $\text{BaCl}_2$  и  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  в водной среде.

### Задача 8

Рассчитайте коэффициент диффузии  $D$  и средний квадратичный сдвиг  $\Delta x$  частицы гидрозоля за время 10 секунд, если радиус частиц 50 нм, температура опыта 293К, вязкость среды  $10^{-3}$  Па·с.

### Задача 9.

Рассчитайте порог коагуляции и коагулирующую способность раствора сульфата натрия по отношению к гидрозолю иодида серебра, если коагуляцию 250 мл золя вызывает сульфат натрия концентрации 0,15 моль/л объемом 50 мл.