



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
**Дальневосточный федеральный университет**  
(ДВФУ)

**ШКОЛА БИОМЕДИЦИНЫ**

«СОГЛАСОВАНО»

Школы биомедицины  
Руководитель ОП 19.03.01  
Биотехнология

Е.В. Добрыгина

« 14 » 06 2019г.



«УТВЕРЖДАЮ»

Директор Департамента  
пищевых наук и технологий

Ю.В. Приходько

« 14 » 06 2019г.

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ**

**«Аналитическая химия»**

Направление подготовки 19.03.01 Биотехнология  
профиль «Пищевая биотехнология»

Форма подготовки очная

Школа биомедицины

Департамент пищевых наук и технологий

курс  2  семестр  4

лекции  18  час.

практические занятия  18  час.

лабораторные работы  36  час.

в том числе с использованием МАО лек.  20  /пр.  18  час.

всего часов аудиторной нагрузки  72  час.

в том числе с использованием МАО  38  час.

самостоятельная работа  36  час.

в том числе на подготовку к экзамену  0  час.

зачет  4  семестр

экзамен \_\_\_\_\_ семестр

УМКД составлен в соответствии с требованиями образовательного стандарта, самостоятельно устанавливаемого ДВФУ, утвержденного приказом ректора от 22.03.2017 г. №12-13-485

УМКД обсужден на заседании Департамента пищевых наук и технологий, протокол №  5  от «  11  » июля 2018   г.

Директор Департамента пищевых наук и технологий  д.т.н., профессор Приходько Ю.В.   
Составитель (ли):  к.т.н., доцент Департамента Иващенко Л.И.

## АННОТАЦИЯ

учебно-методического комплекса дисциплины

«Аналитическая химия»

Направление подготовки: 19.03.01 «Биотехнология»

Профиль «Пищевая биотехнология»

Дисциплина «Аналитическая химия» входит в базовую часть блока 1 (Б1.Б.05.04) учебного плана подготовки бакалавров по направлению 19.03.01 Биотехнология, профиль «Пищевая биотехнология», реализуемого в соответствии с ОС ВО.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы (108 час), она реализуется на втором курсе в четвертом семестре.

Учебным планом предусмотрены лекционные занятия (18 час.), лабораторные работы (36 час.), практические занятия (18 час.) самостоятельная работа студента (36 час.).

Дисциплина «Аналитическая химия» логически и содержательно связана с такими курсами, как «Химия биологически активных веществ», «Промышленная экология», «Пищевая химия», «Общая пищевая биотехнология». Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных со строением и свойствами растворов, основными понятиями и законами аналитической химии, понятием о методах исследования химических и биологических систем, методами отбора, подготовки и проведения физико-химического анализа пищевых объектов, количественного обсчета и интерпретации результатов анализа.

Автор-составитель учебно-методического  
Комплекса доцент кафедры химии и  
инженерии биологических систем \_\_\_\_\_ Л.И. Иващенко

Директор Департамента пищевых наук  
и технологий \_\_\_\_\_ Ю.В. Приходько



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
**«Дальневосточный федеральный университет»**  
(ДВФУ)

**ШКОЛА БИОМЕДИЦИНЫ**

«СОГЛАСОВАНО»

Школы биомедицины  
Руководитель ОП 19.03.01  
Биотехнология

Е.В. Добрылина

«\_\_ 14 \_\_» \_\_\_\_\_ 06 \_\_\_\_\_ 2019 г.



«УТВЕРЖДАЮ»

Директор Департамента  
пищевых наук и технологий

Ю.В. Приходько

«\_\_ 14 \_\_» \_\_\_\_\_ 06 \_\_\_\_\_ 2019 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Аналитическая химия

**Направление подготовки 19.03.01 Биотехнология**

профиль «Пищевая биотехнология»

**Форма подготовки очная**

Школа биомедицины

Департамент пищевых наук и технологий

курс   2   семестр   4  

лекции  18  час.

практические занятия   18  час.

лабораторные работы   36  час.

в том числе с использованием МАО лек.  20  /пр.  18  час.

всего часов аудиторной нагрузки   72  час.

в том числе с использованием МАО   38  час.

самостоятельная работа   36  час.

в том числе на подготовку к экзамену    час.

зачет   4   семестр

экзамен    семестр

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями образовательного стандарта, самостоятельно устанавливаемого ДВФУ, утвержденного приказом ректора от 22.03.2017 г. №12-13-485

Рабочая программа обсуждена на заседании Департамента пищевых наук и технологий протокол №   5   от «11\_\_» июля 2018\_\_г.

Директор Департамента пищевых наук и технологий д.т.н., профессор Приходько Ю.В.  
Составитель (ли): к.т.н., доцент Департамента Иващенко Л.И.

**Оборотная сторона титульного листа РПУД**

**I. Рабочая программа пересмотрена на заседании департамента:**

Протокол от «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Директор департамента \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

**II. Рабочая программа пересмотрена на заседании департамента:**

Протокол от «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Директор департамента \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

## АННОТАЦИЯ

Дисциплина «Аналитическая химия» входит в базовую часть блока 1 (Б1.Б.05.04) учебного плана подготовки бакалавров по направлению 19.03.01 «Биотехнология. Пищевая биотехнология», реализуемого в соответствии с требованиями ОС ВО по данному направлению.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц (108 час), она реализуется на втором курсе в четвертом семестре.

Дисциплина «Аналитическая химия» логически и содержательно связана с такими курсами, как «Химия биологически активных веществ», «Промышленная экология», «Пищевая химия», «Общая пищевая биотехнология». Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных со строением и свойствами растворов и коллоидных систем, основными понятиями и законами физической и коллоидной химии, понятием о методах исследования химических и биологических систем, методами отбора, подготовки и проведения физико-химического анализа пищевых объектов, количественного обсчета и интерпретации результатов анализа.

**Цель:** дать студентам базовые знания по аналитической химии, которые способствовали бы усвоению профилирующих дисциплин, пониманию и освоению методов анализа и закладывали бы базис для последующей практической работы; привить навыки выполнения основных операций при проведении физико-химического эксперимента и обучить правилам обработки его результатов.

### **Задачи:**

– научить использовать законы термодинамики и термодинамические свойства соединений для определения возможности и направления процессов;

– научить применять законы химической термодинамики для управления химическим равновесием;

– научить пользоваться законами химической кинетики для повышения скорости основных и блокирования побочных процессов;

– научить использовать свойства различных дисперсных систем и поверхностные явления в биотехнологии

– научить пользоваться лабораторной посудой, готовить растворы, пользоваться приборами и выполнять стандартные лабораторные анализы; научить производить аналитические расчеты

Для успешного изучения дисциплины «Аналитическая химия» у обучающихся должны быть сформированы следующие **предварительные компетенции**:

- способность к самоорганизации и самообразованию;
- владение культурой мышления, способность к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору путей ее достижения;
- знание основных положений, законов и методов физики, химии и математики, владение основами физико-математического аппарата.

В результате изучения данной дисциплины у обучающихся формируются следующие **общепрофессиональные и профессиональные компетенции** (элементы компетенций):

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ОК-5 способностью использовать современные методы и технологии (в том числе информационные) в профессиональной деятельности	Знает	современные методы и технологии (в том числе информационные) в области аналитической химии
	Умеет	использовать современные методы и технологии (в том числе и информационные) в области аналитической химии
	Владеет	терминологией, навыками использования современных методов и технологии в области аналитической химии в профессиональной деятельности
ОПК-2 способностью и готовностью использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной	Знает	основные законы в области аналитической и, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в области аналитической химии
	Умеет	использовать основные законы в области аналитической химии, применять методы математического анализа и моделирования в

деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования		области аналитической химии
	Владеет	терминологией, навыками использования законов в области аналитической химии в профессиональной деятельности, применять методы анализа, теоретического и экспериментального исследования в области аналитической химии
ОПК-3 способностью использовать знания о современной физической картине мира, пространственно-временных закономерностях, строении вещества для понимания окружающего мира и явлений природы	Знает	данные о современной физической картине мира, пространственно-временных закономерностях в области аналитической химии, строение вещества для понимая окружающего мира и явления природы
	Умеет	использовать знания о современной физической картине мира, пространственно-временных закономерностях, строении вещества для понимания окружающего мира и явлений природы в области аналитической химии
	Владеет	терминологией, способностью использования знания о современной физической картине мира, пространственно-временных закономерностях, строении вещества для понимания окружающего мира и явлений природы в области аналитической химии в профессиональной деятельности
ПК-9 владением основными методами и приемами проведения экспериментальных исследований в своей профессиональной области	Знает	основные методы и приемы проведения экспериментальных исследований в аналитической химии
	Умеет	применять методы и приемы проведения экспериментальных исследований в аналитической химии
	Владеет	навыками проведения экспериментальных исследований в аналитической химии
ПК-10 - способностью проводить стандартные и сертификационные испытания сырья, готовой продукции и технологических процессов	Знает	стандартные и сертификационные испытания сырья, готовой продукции и технологических процессов в области аналитической химии
	Умеет	проводить стандартные и сертификационные испытания сырья, готовой продукции и технологических процессов в области аналитической химии
	Владеет	способностью проводить стандартные и сертификационные испытания сырья, готовой продукции и технологических процессов в аналитической химии

Для формирования вышеуказанных компетенций в рамках дисциплины «Аналитическая химия» применяются следующие методы активного/



интерактивного обучения: проблемная лекция, метод малых групп, интеллект карты.

## **СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА**

Теоретическая часть курса включает в себя лекционный курс в объеме **18 час**.

### **Раздел 1. Предмет дисциплины «Аналитическая химия» (6 час)**

#### **Тема 1. Введение в дисциплину «Аналитическая химия»**

Аналитическая химия как наука о методах качественного и количественного исследования состава веществ. Теоретические основы дисциплины (2 час).

#### **Тема 2. Основы химической термодинамики. Первое начало термодинамики (2 час)**

Основные понятия химической термодинамики, первое начало. Внутренняя энергия и энтальпия. Термохимия. Закон Гесса и следствия из него. Термохимические расчеты. Калориметрия.

#### **Тема 3. Второе начало термодинамики. Химическое равновесие (2 часа)**

Второе начало термодинамики. Термодинамические обратимые и необратимые процессы. Энтропия и термодинамическая вероятность состояния системы.

Характеристические функции и термодинамические потенциалы. Максимальная работа процесса. Энергия Гиббса и Гельмгольца. Понятие о химическом потенциале. Термодинамические факторы, определяющие направление процесса. Второе начало в открытых системах и в живых организмах.

Константа равновесия, способы ее выражения и расчета. Уравнение изотермы Вант-Гоффа. Химическое равновесие в гетерогенных системах. Принцип смещения равновесия Ле Шателье как следствие второго начала термодинамики.

## **Раздел 2. Фазовые равновесия и растворы. Коллигативные свойства растворов (4 часа)**

### **Тема 1. Фазовые равновесия(2 часа)**

Правило фаз Гиббса. Анализ фазовой диаграммы состояния воды. Давление насыщенного пара над раствором. Законы Рауля. Эбуллиоскопия, криоскопия и их применение. Диффузия и осмос в растворах. Обратный осмос. Значение осмотического давления для биологических и технологических процессов.

Лекция проводится с использованием МАО: круглый стол с обсуждением подготовленных студентами докладов и презентаций.

### **Тема 2. Взаимная растворимость жидкостей. Процесс перегонки. Экстракция(2 час)**

Первый закон Коновалова. Дистилляция двойных смесей. Ректификация. Второй закон Коновалова. Азеотропные смеси, их применение и методы разделения азеотропных смесей. Ограниченно растворимые жидкости. Перегонка с водяным паром.

Закон распределения Нернста-Шилова. Экстракция и факторы, влияющие на степень экстрагирования. Растворы газов в жидкостях

## *Раздел 3. Электрохимия (4 часа)*

### **Тема 1. Растворы электролитов (2 час)**

Причины отклонения от законов Рауля и Вант-Гоффа в растворах сильных электролитов. Закон разбавления Оствальда для слабых электролитов. Основные положения теории растворов сильных электролитов Дебая и Гюккеля. Активность, коэффициент активности, ионная сила раствора.

Удельная и эквивалентная электропроводность. Кондуктометрия и ее применение в практике анализа пищевых сред.

### **Тема 2. Электродные потенциалы и ЭДС (2 часа)**

Электродные потенциалы и ЭДС. Контактный и диффузионный потенциалы в гальванической цепи. Механизм возникновения двойного электрического слоя (ДЭС) на межфазной поверхности. Строение ДЭС. Факторы, влияющие на величину и знак электродного потенциала.

Измерение электродного потенциала. Стандартный водородный электрод. Ряд стандартных электродных потенциалов и выводы из него. Уравнение Нернста для электродного потенциала.

Типы электрохимических цепей. Схемы и принцип работы электрохимических элементов, расчет ЭДС. Типы электродов.

***Потенциометрия и ее применение в практике анализа пищевых систем.***

*Раздел 4. Химическая кинетика и катализ (4 час)*

**Тема 1. Формальная кинетика. Механизмы химических реакций (2 часа)**

Предмет химической кинетики. Скорость реакции (средняя и истинная) и факторы, влияющие на нее. Зависимость скорости реакции от концентрации, закон действующих масс (ЗДМ). Константа скорости. Особенности применения ЗДМ для гетерогенных процессов. Кинетическая классификация реакций по молекулярности и порядку. Период полупревращения, его связь с константой скорости.

Зависимость скорости реакции от температуры. Теория активных соударений молекул. Энергия активации, способы ее вычисления. Анализ уравнения Аррениуса. Особенности кинетики гетерогенных процессов. Дифф

Сложные реакции. Параллельные, последовательные, обратимые, сопряженные и колебательные реакции. Стадийное протекание процесса и понятие лимитирующей стадии. Цепные реакции. Цепные реакции в химии живых систем и в технологии. Фотохимические реакции. Закон эквивалентности Эйнштейна. Квантовый выход. Химическое воздействие

излучений высоких энергий. Лекция проводится с использованием элементов МАО (УО-3, УО-4).

## **Тема 2. Катализ (2 часа)**

Положительный, отрицательный катализ и автокатализ. Общие принципы катализа. Специфичность и селективность катализатора. Влияние катализаторов на энергию активации. Гомогенный, гетерогенный и микрогетерогенный катализ. Примеры процессов катализа в химии живых систем и в пищевой технологии.

Ферментативный катализ, его особенности. Влияние внешних условий на ферментативные процессы. Ферменты в химии живых систем и в технологии.

## **I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА**

**Практические занятия (18 час., в том числе - час.с применением методов активного обучения)**

**Занятие 1.** Правила работы и техника безопасности в химических лабораториях. Аналитические реакции катионов первой аналитической группы по кислотно-основной классификации.(2 час.)

**Занятие 2** Аналитические реакции катионов второй и третьей аналитических группы. Решение расчетных задач (задачник 1).(4 час)

**Занятие 3**Тест-контроль 1 (аналитические реакции катионов первой, второй, третьей аналитических групп). Практическая часть: анализ смеси катионов I-III групп.(4 час)

**Занятие 4**Аналитические реакции катионов четвертой и пятой групп. Решение расчетных задач (4 час)

**Занятие 5**Тест-контроль 2. Контрольная работа 1 (письменная). Аналитические реакции катионов шестой группы. Решение контрольных задач.(4 час)

**Лабораторные работы (36 час., в том числе 36 час.с применением методов активного обучения)**

**Лабораторная работа №1.** Качественный анализ. Качественный анализ катионов и анионов. Качественный химический анализ вещества.. (4 час.)

**Лабораторная работа № 2.**Осадительное титрование. Аргентометрическое титрование, тиоцианатометрическое титрование, меркурометрическое титрование, гексацианоферратометрическое(4 час.)

**Лабораторная работа № 3.** Гравиметрический анализ. Классификация методов гравиметрии. Метод осаждения. Примеры гравиметрических определений.(4 час.)

**Лабораторная работа № 4.**Инструментальные (физико-химические) методы анализа. Электрохимические методы анализа. Потенциометрический анализ. Прямая потенциметрия и потенциометрическое титрование.(4 час.)

**Лабораторная работа № 5.**Кондуктометрический анализ. Прямая кондуктометрия и кондуктометрическое титрование (4 час.)

**Лабораторная работа № 6.**Оптические методы анализа. Классификация оптических методов анализа. Молекулярный спектральный анализ в ультрафиолетовой и видимой области спектра.(4 час.)

**Лабораторная работа № 7.**Колориметрия. Фотоколориметрия, фотоэлектроколориметрия. Количественный фотометрический анализ. Дифференциальный фотометрический анализ. Экстракционно-фотометрический анализ. Фотометрическое титрование.(4 час.)

**Лабораторная работа № 8.**Люминесцентный анализ. Сущность метода. Классификация люминесценций. Флуоресцентный анализ, основные характеристики и закономерности люминесценции. Количественный флуоресцентный анализ. Экстракционно-флуоресцентный анализ. (4 час.)

**Лабораторная работа № 9.**Хроматографические методы анализа. Ионообменная хроматография, газовая хроматография, жидкостная

хроматография. Высокоэффективная жидкостная хроматография (лекция пресс-конференция).(4 часю)

### III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Аналитическая химия» представлено в Приложении 1 и включает в себя:

- план-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине, в том числе примерные нормы времени на выполнение по каждому заданию;
- характеристика заданий для самостоятельной работы студентов и методические рекомендации по их выполнению;
- требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;
- критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

### IV. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

№ п/п	Контролируемые модули/разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций		Оценочные средства - наименование	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Раздел 1. Химическая термодинамика	ОК-5; ОПК-2, 3; ПК- 9, 10		УО-1 – собеседование, УО-2 - коллоквиум, ПР-6- лабораторная работа	Зачет Вопросы 1-18 ПР-1 – итоговый тест

2	Раздел 2. Фазовые равновесия. Коллигативные свойства растворов			УО-1 – собесе- до вание, УО-2 - колло- кви- ум, ПР-6- лаборат орная работа	Зачет Вопросы 19- 36 ПР-1 – итоговый тест
3	Раздел 3. Электрохимия			УО-1 – собесе- до вание, УО-2 - колло- кви- ум, ПР-6- лаборат орная работа	Зачет Вопросы 1-65 ПР-1 – итоговый тест
4	Раздел 4. Химическая кинетика и катализ			УО-1 – собесе- до вание, УО-2 - колло- кви- ум, ПР-6- лаборат орная работа	Зачет Вопросы 1-65 ПР-1 – итоговый тест

Контрольные и методические материалы, а также критерии и показатели необходимые для оценки знаний, умений, навыков и характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы представлены в Приложении 2.

## **V. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Основная литература**

1. Харитонов Ю.Я. Аналитическая химия (аналитика). В 2 кн.Кн.1. Общие теоретические основы. Качественный анализ. Учеб.для ВУЗов – М.:

Высшая школа, 2014. – 687 с.

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:736759&theme=FEFU>

2. Харитонов Ю.Я. Аналитическая химия (аналитика). В 2 кн.Кн.2. Количественный анализ. Физико – химические (инструментальные) методы анализа Учеб.для ВУЗов – М.: Высшая школа, 2014. – 654 с.

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:736559&theme=FEFU>

3. Окара А. И. Физико-химические методы исследования: учебник / В. И. Лебухов, А. И. Окара, Л. П. Павлюченкова. – Санкт-Петербург: Лань, 2012. – 480 с. <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:734799&theme=FEFU>

4. Лурье Ю.Ю. Справочник по аналитической химии / Ю.Ю. Лурье. - Москва: Альянс, 2017. – 447 с.

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:845239&theme=FEFU>

5. Основы аналитической химии: практическое руководство [Электронный ресурс] : руководство / Ю.А. Барбалат [и др.] ; под ред. Золотова Ю.А., Шеховцовой Т.Н., Осколка К.В.. — Электрон. дан. — Москва : Издательство "Лаборатория знаний", 2017. — 465 с.

<https://e.lanbook.com/book/97410>

6. Белкина, Е.И. Аналитическая химия и физико-химические методы анализа [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / Е.И. Белкина, С.М. Орехова. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : НИУ ИТМО, 2017. — 123 с. <https://e.lanbook.com/book/110502>

7. Аналитическая химия. Методы идентификации и определения веществ [Электронный ресурс] : учебник / М.И. Булатов [и др.] ; Под ред. Л.Н. Москвина. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 584 с.

<https://e.lanbook.com/book/112067>

### **Дополнительная литература**

1. Харитонов Ю.Я. Физическая химия: учебник - М. : ГЭОТАР-Медиа, 2013. - 608 с.



[http://artlib.osu.ru/web/books/content\\_all/3042.pdf](http://artlib.osu.ru/web/books/content_all/3042.pdf)  
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=Geotar:Geotar-ISBN9785970423905&theme=FEFU>

- Ипполитов Е.Г., Артемов А.В., Батраков В.В. Физическая химия-М.: Издательский центр «Академия», 2005.-488 с.  
<https://docplayer.ru/64630626-Fizicheskaya-himiya-e-g-ippolitov-a-v-artemov-v-v-batratkov-aunoaa-idioanneiiaeuiia-iadaciaaiea-pod-redakciey-e-g.html>
- Кристиан Г. Аналитическая химия: в 2 томах. / пер. с англ. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. - (Лучший зарубежный учебник). - Т. 1. - 623 с.  
<http://window.edu.ru/resource/313/65313>
- Кристиан Г. Аналитическая химия: в 2 томах. / пер. с англ. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. - (Лучший зарубежный учебник). - Т. 2. - 504 с.  
<http://window.edu.ru/resource/314/65314>
- Крылов В.А., Сергеев Г.М., Елипашева Е.В. Информационные ресурсы в аналитической химии. Современные требования к отчету по НИР. Электронный учебно-методический комплекс. - Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2010. - 105 с.  
<http://window.edu.ru/resource/046/74046>

#### **Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»**

- Научная электронная библиотека - <http://elibrary.ru>
- Электронная библиотека диссертаций РГБ - <http://diss.rsl.ru/>
- Информационно-поисковая система Федерального института промышленной собственности (ФИПС ) - <http://new.fips.ru/elektronnye-servisy/informatsionno-poiskovaya-sistema/>
- Патентная база Espacenet - <https://ru.espacenet.com/>

5. База патентов Всемирной организации интеллектуальной собственности (ВОИС) PATENTSCOPE - <https://patentscope.wipo.int/search/ru/search.jsf>

6. ГОСТ ЭКСПЕРТ - <http://gostexpert.ru/>

### **Локальные сетевые ресурсы**

1. Система нормативно-технической документации "Техэксперт"
2. СПС "КонсультантПлюс" (профиль: Универсальный)
3. Стандарты ISO 10303

## **VI. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

Теоретическая часть дисциплины «Аналитическая химия» на лекционных занятиях, так как лекция является основной формой обучения, где преподавателем даются основные понятия дисциплины.

Последовательность изложения материала на лекционных занятиях, направлена на формирование у студентов ориентировочной основы для последующего усвоения материала при самостоятельной работе.

Практические занятия курса проводятся по всем разделам учебной программы. Практические работы направлены на формирование у студентов навыков самостоятельной исследовательской работы. В ходе практических занятий бакалавр выполняет комплекс заданий, позволяющий закрепить лекционный материал по изучаемой теме.

Активному закреплению теоретических знаний способствует обсуждение проблемных аспектов дисциплины в форме семинара и занятий с применением методов активного обучения. При этом происходит развитие навыков самостоятельной исследовательской деятельности в процессе работы с научной литературой, периодическими изданиями, формирование умения аргументированно отстаивать свою точку зрения, слушать других, отвечать на вопросы, вести дискуссию.

При написании рефератов рекомендуется самостоятельно найти литературу к нему. В реферате раскрывается содержание исследуемой проблемы. Работа над рефератом помогает углубить понимание отдельных вопросов курса, формировать и отстаивать свою точку зрения, приобретать и совершенствовать навыки самостоятельной творческой работы, вести активную познавательную работу.

Для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации проводится несколько устных опросов, тест-контрольных работ и коллоквиумов.

## **VII. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ**

Лицензионное программное обеспечения, установленное на ПК в Школе биомедицины и используемое в рамках освоения дисциплины:

Наименование программного комплекса	Версия	Назначение
Windows Seven Enterprise	SP3x64	Операционная система
Eset NOD32 Antivirus	4.2.76.1	Средство обнаружения вредоносных программ
Microsoft Office 2010 профессиональный плюс	14.0.6029.1000	Офисный пакет
Microsoft Office профессиональный плюс 2013	15.0.4420.1017	Офисный пакет
7-Zip	9.20.00.0	Обучающий комплекс программ
AbbyyFineReader 11	11.0.460	Обучающий комплекс программ
CoogleChrome	42.0.2311.90	Браузер для работы в среде WWW

## **VIII. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Лекционные и практические занятия проводятся в аудитории, оснащенной мультимедийным оборудованием, самостоятельная работа студентов в читальных залах научной библиотеке ДВФУ и компьютерных классах Школы биомедицины со свободным доступом. Лабораторные занятия проводятся в учебной лаборатории, оснащенной необходимым оборудованием (вытяжной шкаф, водяной термостат, настольная мини-центрифуга, спектрофотометр, весы технические, весы аналитические, рН-метр и др.), химической посудой и реактивами.

Наименование оборудованных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень основного оборудования
<p>Лекционная аудитория, оснащенная мультимедийным комплексом г. Владивосток, о. Русский, п. Аякс д.10, ауд. М403, площадь 64 м<sup>2</sup></p>	<p>Экран с электроприводом 236*147 см TrimScreenLine; Проектор DLP, 3000 ANSI Lm, WXGA 1280x800, 2000:1 EW330U Mitsubishi; Подсистема специализированных креплений оборудования CORSA-2007 Tuagex; Подсистема видеокмутации: матричный коммутатор DVI DXP 44 DVI ProExtron; удлинитель DVI по витой паре DVI 201 Tx/RxExtron; Подсистема аудиокоммутации и звукоусиления; акустическая система для потолочного монтажа SI 3CT LP Extron; цифровой аудиопроцессор DMP 44 LC Extron; расширение для контроллера управления IPL T CR48.</p>
<p>Лабораторная аудитория, г. Владивосток, о. Русский, п. Аякс д.10, ауд. М420, площадь 74,6 м<sup>2</sup></p>	<p>Аквадистиллятор ПЭ-2205 (5л/ч); весы аналитические; весы лабораторные Vibra SJ-6200CE (НПВ=6200 г/0,1г); влагомер AGS100; двухлучевой спектрофотометр UV-1800 производства Shimadzu; испаритель ротационный Hei-VAP Advantage ML/G3B; магнитная мешалка ПЭ-6100 (10 шт); магнитная мешалка ПЭ-6110 М с подогревом (5шт); плитка нагревательная электрическая; спектрофотометр инфракрасный IRAffinity-1S с Фурье преобразованием; хроматограф жидкостной LC-20 Prominence со спектрофотометрическим и рефрактометрическим детектором; центрифуга лабораторная ПЭ-6926 с ротором 10×5 мл; набор дозаторов автоматических Экохим, набор ступок фарфоровых, стеклянная и пластиковая лабораторная посуда.</p>
<p>Лабораторная аудитория г. Владивосток, о. Русский, п. Аякс д.10, ауд. L430, площадь 70</p>	<p>Шкаф вытяжной, мебель лабораторная, весы лабораторные; магнитная мешалка ПЭ-6100 (5 шт); магнитная мешалка ПЭ-6110 М с подогревом (5шт);</p>

м <sup>2</sup>	плитка нагревательная электрическая; холодильник фармацевтический, спектрофотометр; комплект лабораторной посуды, набор ступок фарфоровых с пестиками; набор дозаторов автоматических Экохим
Читальные залы Научной библиотеки ДВФУ с открытым доступом к фонду (корпус А - уровень 10)	Моноблок HP ProOne 400 All-in-One 19,5 (1600x900), Core i3-4150T, 4GB DDR3-1600 (1x4GB), 1TB HDD 7200 SATA, DVD+/-RW, GigEth, Wi-Fi, BT, usbkbd/mse, Win7Pro (64-bit)+Win8.1Pro(64-bit), 1-1-1 Wtu Скорость доступа в Интернет 500 Мбит/сек. Рабочие места для людей с ограниченными возможностями здоровья оснащены дисплеями и принтерами Брайля; оборудованы: портативными устройствами для чтения плоскочечатных текстов, сканирующими и читающими машинами видеувеличителем с возможностью регуляции цветовых спектров; увеличивающими электронными лупами и ультразвуковыми маркировщиками.



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«Дальневосточный федеральный университет»**  
(ДФУ)

---

---

**ШКОЛА БИОМЕДИЦИНЫ**

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ  
РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**  
по дисциплине «Аналитическая химия»  
Направление подготовки 19.03.01 Биотехнология  
профиль «Пищевая биотехнология»  
**Форма подготовки очная**

**Владивосток  
2018**

## План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине

№ п/п	Дата/сроки выполнения	Вид самостоятельной работы	Примерные нормы времени на выполнение	Форма контроля
1	___.__.201_	Подготовка рефератов	16	Зачет
2	___.__.201_	Подготовка презентации	10	Зачет
3	___.__.201_	Подготовка к коллоквиуму	10	Зачет

Самостоятельная работа обеспечивают подготовку студента к текущим аудиторным занятиям. Результаты этой подготовки проявляются в активности студента на занятиях, выполненных контрольных работ, тестовых заданий и др. форм текущего контроля.

Для реализации самостоятельной работы созданы следующие условия:

1. Студенты обеспечены информационными ресурсами (учебниками, справочникам, учебными пособиями);
2. Для проведения практических и лабораторных занятий по предмету имеются методические пособия. Студент имеет возможность заранее (с опережением) подготовиться к занятию, ответить на контролирующие вопросы, и обратиться за помощью к преподавателю в случае необходимости.
3. Разработаны контролирующие материалы в виде самостоятельных работ и в тестовой форме, позволяющие оперативно оценить уровень подготовки студентов.
4. Организованы еженедельные консультации.

Самостоятельная работа включает в себя:

1. Подготовку к практическим занятиям;
2. Подготовку к контрольным работам;
3. Подготовку к лабораторным работам;
4. Подготовку к зачету и замену.
5. План-график выполнения самостоятельной работы

## Ч. 1, семестр 2

### План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине

#### «Аналитическая химия»

(36 час)

№ п/п	Дата/сроки выполнения	Вид самостоятельной работы	Примерные нормы времени на выполнение	Форма контроля
1	1-2 недели 4 семестра 2-го курса	Самостоятельная работа с конспектом и литературой по теме 1 Раздела 1.	4 час	Опрос перед началом занятия Решение разноуровневых задач (перечень задач и примеры их решения в Приложении 2)
2	3-4 недели	Самостоятельная работа с конспектом и литературой по теме 2 Раздела 2.	4 час	Опрос перед началом занятия; решение разноуровневых задач Контр. работа №1
3	5-6 недели	Самостоятельная работа с конспектом и литературой по темам 1-2 Раздела 2	4 час	Опрос перед началом занятия; решение разноуровневых задач Защита лаб. работы №1 (ПР-6)
4	7-8 недели	Самостоятельная работа с конспектом и литературой по теме 1 Раздела 3	4 час	Опрос перед началом занятия; решение разноуровневых задач Опрос перед началом занятия; решение разноуровневых задач Защита лаб. работы №2 (ПР-6)
5	9-10 недели	Самостоятельная работа с конспектом и литературой по теме 2 Раздела 3	4 час	Опрос перед началом занятия; решение разноуровневых задач Контр. работа №2
6	11-12 недели	Самостоятельная работа с конспектом и литературой по темам 1-2 Раздела 3	4 час	Контр. работа №3
7	13-14 недели	Самостоятельная работа с конспектом и литературой по теме 1 Раздела 4	4 час	Защита лаб. работы №3 (ПР-6)
8	15-16 недели	Самостоятельная работа с конспектом	4 час	Защита лаб. работы



		и литературой по теме 2 Раздела 4		№4 (ПР-6)
9	17-18 недели	Самостоятельная работа с конспектом и литературой по темам 1-2 Раздела 4 Подготовка сообщений (УО-3, УО-4) с использованием МАО	4 час	Защита лаб. работы №5 (ПР- 6) УО-3, УО-4 Зачет (вопр. к зачету в Приложении 2)
			<b>36 час</b>	

### **Требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы**

Большая часть учебного материала должна быть проработана студентом самостоятельно, вне аудиторных занятий. Самостоятельная работа студентов является неотъемлемой составной частью процесса подготовки специалистов.

Под самостоятельной работой студента понимается часть учебной планируемой работы, которая выполняется по заданию и при методическом руководстве преподавателя, без его непосредственного участия. Самостоятельная работа направлена на усвоение системы научных и профессиональных знаний, формирование умений и навыков, приобретение опыта самостоятельной творческой деятельности.

Самостоятельная работа студентов включает в себя подготовку к лабораторным работам, подготовку к контрольным мероприятиям,

### **Критерии оценки самостоятельной работы**

По теме для самостоятельного изучения студенты опрашиваются устно, выполняют письменные контрольные работы, оцениваются по пятибалльной системе.

#### **Оценка «Отлично»**

А) Задание выполнено полностью.

Б) Отчет/ответ составлен грамотно.

В) Ответы на вопросы полные и грамотные.

Г) Материал понят, осознан и усвоен.

**Оценка «Хорошо»**

А), Б) - те же, что и при оценке «Отлично».

В) Неточности в ответах на вопросы, которые исправляются после уточняющих вопросов.

Г) Материал понят, осознан и усвоен.

**Оценка «Удовлетворительно»**

А), Б - те же, что и при оценке «Отлично».

В) Неточности в ответах на вопросы, которые не всегда исправляются после уточняющих вопросов.

Г) Материал понят, осознан, но усвоен не достаточно полно.

**Оценка «Неудовлетворительно»**

А) Программа не выполнена полностью.

Б) Устный отчет и ответы на вопросы не полные и не грамотные.

В) Материал не понят, не осознан и не усвоен.



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Дальневосточный федеральный университет»  
(ДФУ)

---

ШКОЛА БИОМЕДИЦИНЫ

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**  
**по дисциплине «Аналитическая химия»**  
**Направление подготовки 19.03.01 Биотехнология**  
**профиль «Пищевая биотехнология»**  
**Форма подготовки очная**

**Владивосток**  
**2018**

## Паспорт ФОС

### по дисциплине «Аналитическая химия»

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ОК-5 способностью использовать современные методы и технологии (в том числе информационные) в профессиональной деятельности	Знает	современные методы и технологии (в том числе информационные) в области аналитической химии
	Умеет	использовать современные методы и технологии (в том числе и информационные) в области аналитической химии
	Владеет	терминологией, навыками использования современных методов и технологии в области аналитической химии в профессиональной деятельности,
ОПК-2 способностью и готовностью использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	Знает	основные законы в области аналитической химии, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в области аналитической химии
	Умеет	использовать основные законы в области аналитической химии, применять методы математического анализа и моделирования в области аналитической химии
	Владеет	терминологией, навыками использования законов в области аналитической химии в профессиональной деятельности, применять методы анализа, теоретического и экспериментального исследования в области аналитической химии
ОПК-3 способностью использовать знания о современной физической картине мира, пространственно-временных закономерностях, строении вещества для понимания окружающего мира и явлений природы	Знает	данные о современной физической картине мира, пространственно-временных закономерностях в области аналитической химии, строение вещества для понимая окружающего мира и явления природы
	Умеет	использовать знания о современной физической картине мира, пространственно-временных закономерностях, строении вещества для понимания окружающего мира и явлений природы в области аналитической химии
	Владеет	терминологией, способностью использования знания о современной физической картине мира, пространственно-временных закономерностях, строении вещества для понимания окружающего мира и явлений природы в области аналитической химии в профессиональной деятельности
ПК-9 владением основными методами и приемами проведения	Знает	основные методы и приемы проведения экспериментальных исследований в аналитической химии

экспериментальных исследований в своей профессиональной области	Умеет	применять методы и приемы проведения экспериментальных исследований в аналитической химии
	Владеет	навыками проведения экспериментальных исследований в аналитической химии
ПК-10 - способностью проводить стандартные и сертификационные испытания сырья, готовой продукции и технологических процессов	Знает	стандартные и сертификационные испытания сырья, готовой продукции и технологических процессов в области аналитической химии
	Умеет	проводить стандартные и сертификационные испытания сырья, готовой продукции и технологических процессов в области аналитической химии
	Владеет	способностью проводить стандартные и сертификационные испытания сырья, готовой продукции и технологических процессов в аналитической химии

### **Шкала оценивания уровня сформированности компетенций по дисциплине «Аналитическая химия»**

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции		критерии	показатели	баллы
ОК-5 способностью использовать современные методы и технологии (в том числе информационные) в профессиональной деятельности	знает (пороговый уровень)	современные методы и технологии (в том числе информационные) в области аналитической химии	современные методы и технологии (в том числе информационные) в области аналитической химии	Способность описать современные методы и технологии (в том числе информационные) в области аналитической химии	45-64
	умеет (продвинутый)	использовать современные методы и технологии (в том числе информационные) в области аналитической химии	Умение применять современные методы и технологии (в том числе информационные) в области аналитической химии	Способность применять современные методы и технологии (в том числе информационные) в области аналитической химии	65-84
	владеет (высокий)	терминологией, навыками использования современных методов и технологии в области	Владение терминологией, навыками использования современных методов и технологии в	Способность сформулировать и применить терминологию, навыки использования современных	85-100

		аналитической химии в профессиональной деятельности,	области аналитической химии в профессиональной деятельности,	методов и технологии в области аналитической химии в профессиональной деятельности,	
ОПК-2 способностью и готовностью использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	знает (пороговый уровень)	основные законы в области аналитической химии, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в области аналитической химии	основные законы в области аналитической химии, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	Способность описать основные законы в области аналитической химии, методы математического анализа в аналитической химии	45-64
	умеет (продвинутый)	использовать основные законы в области аналитической химии, применять методы математического анализа и моделирования в области аналитической химии	Умение применять законы в области аналитической химии, применять методы математического анализа и моделирования	Способность применять законы в области аналитической химии, применять методы математического анализа и моделирования	65-84
	владеет (высокий)	терминологией, навыками использования законов в области аналитической химии в профессиональной деятельности, применять методы анализа, теоретического и экспериментального исследования в области аналитической химии	Владение терминологией, навыками использования законов в области аналитической химии в профессиональной деятельности, применять методы анализа, теоретического и экспериментального	Способность сформулировать и применить терминологию, определения и положения в области аналитической химии	85-100

			исследования в своей области		
ОПК-3 способностью использовать знания о современной физической картине мира, пространственно-временных закономерностях, строении вещества для понимания окружающего мира и явлений природы	знает (пороговый уровень)	данные о современной физической картине мира, пространственно-временных закономерностях в области аналитической химии, строение вещества для понимания окружающего мира и явления природы	Знание основных сведений о современной физической картине мира, пространственно-временных закономерностях в области аналитической химии, строение вещества для понимания окружающего мира и явления природы химии	Способность объяснить данные о современной физической картине мира, пространственно-временных закономерностях в области аналитической химии, строение вещества для понимания окружающего мира и явления природы	45-64
	умеет (продвинутый)	использовать знания о современной физической картине мира, пространственно-временных закономерностях, строении вещества для понимания окружающего мира и явлений природы в области аналитической химии	Умение использовать знания о современной физической картине мира, пространственно-временных закономерностях, строении вещества для понимания окружающего мира и явлений природы в области аналитической химии	Способность использовать знания о современной физической картине мира, пространственно-временных закономерностях, строении вещества для понимания окружающего мира и явлений природы в области аналитической химии	65-84
	владеет (высокий)	терминологией, способностью использования знания о современной физической картине мира, пространственно-временных закономерностях, строении вещества для понимания окружающего	Владение терминологией, способностью использования знания о современной физической картине мира, пространственно-временных закономерностях, строении вещества для понимания	Способность использования знания о современной физической картине мира, пространственно-временных закономерностях, строении вещества для понимания окружающего мира и явлений	85-100

		мира и явлений природы в области аналитической химии в профессиональной деятельности	окружающего мира и явлений природы в области аналитической химии в профессиональной деятельности	природы в области аналитической химии в профессиональной деятельности	
ПК-9 владением основными методами и приемами проведения экспериментальных исследований в своей профессиональной области ПК-9 владением основными методами и приемами проведения экспериментальных исследований в своей профессиональной области	знает (пороговый уровень)	основные методы и приемы проведения экспериментальных исследований в аналитической химии	Знание основных методов и приемов проведения экспериментальных исследований в аналитической химии	Способность иметь представление об основных методах и приемах проведения экспериментальных исследований в аналитической химии	45-64
	умеет (продвинутый)	применять методы и приемы проведения экспериментальных исследований в аналитической химии	Умение применять методы и приемы проведения экспериментальных исследований с учетом знаний в области аналитической химии	Способность применять методы и приемы проведения экспериментальных исследований с учетом знаний в области аналитической химии	65-84
	владеет (высокий)	навыками проведения экспериментальных исследований в аналитической химии	Владение навыками проведения стандартных и сертификационных испытаний сырья, готовой продукции с учетом знаний в области аналитической химии	Способность проведения стандартных и сертификационных испытаний сырья, готовой продукции с учетом знаний в области аналитической химии	85-100
ПК-10 - способностью проводить стандартные и сертификационные	знает (пороговый уровень)	стандартные и сертификационные испытания сырья, готовой продукции и технологических	Знание стандартных и сертификационных испытаний сырья, готовой продукции и	Способность иметь представление об стандартных и сертификационных	45-64



испытания сырья, готовой продукции и технологических процессов		процессов в области аналитической химии	технологических процессов в области аналитической химии	ных испытаний сырья, готовой продукции и технологических процессов в области аналитической химии	
	умеет (продвинутый)	проводить стандартные и сертификационные испытания сырья, готовой продукции и технологических процессов в области аналитической химии	Умение применять стандартные и сертификационные испытания сырья, готовой продукции и технологических процессов в области аналитической химии	Способность проводить стандартные и сертификационные испытания сырья, готовой продукции и технологических процессов в области аналитической химии	65-84
	владеет (высокий)	способностью проводить стандартные и сертификационные испытания сырья, готовой продукции и технологических процессов в аналитической химии в профессиональной деятельности	Владение навыками проведения стандартных и сертификационных испытаний сырья, готовой продукции и технологических процессов в аналитической химии в профессиональной деятельности	Способность проведения стандартных и сертификационных испытаний сырья, готовой продукции и технологических процессов в аналитической химии в профессиональной деятельности	85-100

### Примерный перечень оценочных средств

#### Промежуточная аттестация студентов.

Промежуточная аттестация студентов по дисциплине проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

**Зачет** (Средство промежуточного контроля) – задания к зачету

**Экзамен** (Средство промежуточного контроля) – вопросы к экзамену

**Текущая аттестация студентов.** Текущая аттестация студентов по дисциплине проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

### **Примерный перечень оценочных средств (ОС)**

#### **I. Устный опрос.**

Собеседование (УО-1) (Средство контроля, организованное как специальная беседа преподавателя с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п.) - Вопросы по темам/разделам дисциплины.

2. Контрольная работа (ПР-2) (Средство контроля, организованное как самостоятельная работа обучающихся по темам курса и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п.) – образцы вариантов контрольных работ.

3. Коллоквиум (УО-2) Средство контроля усвоения учебного материала темы, раздела или разделов дисциплины, организованное как учебное занятие в виде собеседования преподавателя с обучающимися) - Вопросы по темам/разделам дисциплины

4. Лабораторная работа (ПР-6). Средство контроля усвоения учебного материала темы, раздела или разделов дисциплины, организованное как экспериментальное учебное занятие.

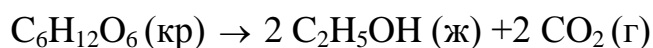
5.Круглый стол, дискуссия (проведение занятий с элементами МАО)- (УО-3, УО-4).

6. Разноуровневые задачи, рекомендуемые для самостоятельной работы по дисциплине (ПР-11)-

Задачи с примерами решений приведены ниже.

**Разноуровневые задачи**, рекомендуемые для самостоятельной работы  
по дисциплине «Аналитическая химия»:

1. Многие микроорганизмы, включая дрожжи, получают необходимую энергию в результате сбраживания глюкозы в этанол:



Вычислите количество теплоты  $\Delta H^0$ , которую дрожжи получают из 1 моль глюкозы. Сравните полученный результат с  $\Delta H^0$  реакции:

$C_6H_{12}O_6(кр) + 6 O_2 \rightarrow 6 C O_2(г) + 6 H_2O(ж)$ . Данные для расчётов возьмите из табл. 1 Приложения.

2. Найдите тепловой эффект реакции (а), если известны тепловые эффекты реакций (б) (табл.1). Таблица 1

Задача	Реакция (а)	Реакция (б)
2	$CH_4 + Cl_2 = CH_3Cl + HCl$	$CH_3Cl(г) + 3/2 O_2 = CO_2 + H_2O(ж) + HCl$ - 687,0 кДж $H_2 + 1/2 O_2 = H_2O(ж) - 285,84$ кДж $1/2 H_2 + 1/2 Cl_2 = HCl - 92,5$ кДж $CH_4 + 2O_2 = CO_2 + 2H_2O(ж) - 890,31$ кДж
3	$2C + 2H_2 = C_2H_4$	$C_2H_4 + H_2 = C_6H_6 - 136,95$ кДж $C_2H_6 + 7/2 O_2 = 2CO_2 + 3H_2O(ж)$ - 1559,83 кДж $C + O_2 = CO_2 - 393,51$ кДж $H_2 + 1/2 O_2 = H_2O(ж) - 285,84$ кДж
4	$N_2 + 3H_2 = 2NH_3$	$2H_2 + O_2 = 2H_2O(ж) - 571,68$ кДж $4NH_3 + 3O_2 = 6H_2O(ж) + 2N_2$ - 1530,28 кДж

5 – 14. Вычислите стандартную теплоту образования соединения (табл. 2) из простых веществ, если известна его теплота сгорания (см. табл. 2 Приложения) при  $T = 298K$  и  $p = 1,0133 \cdot 10^5$  Па. Принять, что продукты сгорания  $CO_2(г)$ ,  $H_2O(ж)$  и  $N_2(г)$ . Теплоты сгорания  $C$  и  $H_2$  соответственно равны:

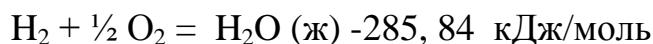
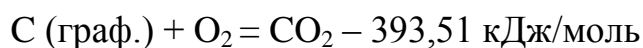


Таблица 2

Задача	Вещество	Задача	Вещество
5	$C_6H_{14}$ (г) – гексан	10	$CH_4ON_2$ (кр) – мочеви́на
6	$C_6H_6$ (ж) – бензол	11	$C_6H_7N$ (ж) – анилин
7	$C_3H_8O_3$ (ж) – глицерин	12	$C_{12}H_{22}O_{11}$ (кр) – сахароза
8	$C_{10}H_8$ (кр) – нафталин	13	$C_2H_7N$ (г) – диметиламин
9	$C_6H_6O$ (кр) – фенол	14	$C_5H_5N$ (ж) – пиридин

15 - 24. Вычислите  $\Delta G$  (энергию Гиббса) и  $\Delta F$  (энергию Гельмгольца) для следующих реакций (табл. 3). Определите, в каком направлении пойдёт реакция при стандартном давлении и 298К. При решении задач используйте данные табл. 1 Приложения.

Таблица 3

Задача	Уравнение	Задача	Уравнение
15	$CaC_2(\text{т}) + 2 H_2O (\text{ж}) \rightarrow C_2H_2 + Ca(OH)_2$	20	$CO_2 + 4H_2 = CH_4 + 2H_2O(\text{г})$
16	$2CO_2 = 2CO + O_2$	21	$CO + 3H_2 = CH_4 + H_2O(\text{ж})$
17	$C_2H_6 = C_2H_4 + H_2$	22	$CH_4 + CO_2 = 2CO + 2H_2$
18	$C + H_2O(\text{г}) = CO + H_2$	23	$CO + H_2O(\text{ж}) = CO_2 + H_2$
19	$2H_2 + CO \rightarrow CH_3OH (\text{г})$	24	$Mg CO_3 (\text{кр}) = MgO (\text{кр}) + CO_2$

25. Определите константа равновесия  $K_c$  реакции этерификации

$CH_3COOH + C_2H_5OH \leftrightarrow CH_3COOC_2H_5 + H_2O$  при данной температуре равна 4. Вычислить равновесное количество эфира, если исходная смесь содержит 0,5 кмоль спирта и 1 кмоль кислоты.

26. Давление насыщенного пара воды при 40<sup>0</sup>С равно 7375,9 Па. Вычислите давление пара раствора, который содержит 15 г глицерина в 400 г воды.

27. Определите, из скольких атомов состоит молекула серы, если температура кипения раствора 4,455 г серы в 50 г бензола на  $0,891^{\circ}\text{C}$  выше температуры кипения чистого бензола. Эбуллиоскопическая постоянная бензола равна  $2,60$  град/моль.

28. Сколько граммов глицерина следует растворить в  $0,002\text{ м}^3\text{H}_2\text{O}$ , чтобы осмотическое давление полученного раствора при  $17^{\circ}\text{C}$  было  $2,026 \cdot 10^5$  Па?

29. Кровь утконоса замерзает при  $-0,51^{\circ}\text{C}$ . Принимая плотность плазмы крови равной  $1\text{ г/см}^3$ , рассчитайте её осмотическое давление при  $34^{\circ}\text{C}$ .

30. Водный раствор алифатического спирта, содержащий  $6,55$  г вещества в  $500$  г воды, замерзает при  $-0,53^{\circ}\text{C}$ . О каком спирте идёт речь? Какова массовая доля спирта в водном растворе, если температура его замерзания равна  $-26,96^{\circ}\text{C}$ ?

31.  $64,8$  г сахарозы растворено в  $100$  г  $\text{H}_2\text{O}$ . Плотность раствора при  $20^{\circ}\text{C}$  равна  $1,024 \cdot 10^3\text{ кг/м}^3$ . Давление пара чистой воды при  $20^{\circ}\text{C}$  составляет  $0,0231 \cdot 10^5$  Па. Определите: а) давление пара над раствором; б) осмотическое давление этого раствора.

32. При распределении фенола между водой и бензолом получены следующие данные (С в кмоль/  $\text{м}^3$ ):

С в воде..... $0,0316$     $0,123$     $0,327$     $0,750$

С в бензоле..... $0,077$     $0,159$     $0,253$     $0,390$

Определите коэффициент распределения и показатель степени в формуле, описывающей закон распределения.

33. Коэффициент распределения этанола между  $\text{CCl}_4$  и водой равен  $0,0244$ . Каковы будут концентрации (кмоль/  $\text{м}^3$ ) спирта в равновесных растворах, если  $0,1$  моль спирта распределяется между  $400$  мл  $\text{H}_2\text{O}$  и  $600$ мл  $\text{CCl}_4$  ?

34. Кривая давления пара смеси воды и азотной кислоты проходит через минимум, соответствующий  $68,4\%$  (масс.) азотной кислоты. Как называется эта смесь? Каким образом будет происходить перегонка раствора,

содержащего 25% кислоты? В каком случае можно будет получить безводную

35. Удельная электрическая проводимость раствора  $\text{NH}_4\text{OH}$  концентрацией  $0,0109 \text{ кмоль/м}^3$  составила  $1,22 \cdot 10^{-2} \text{ См}\cdot\text{м}^{-1}$ , а при  $0,0219 \text{ кмоль/м}^3$  ее значение  $1,73 \cdot 10^{-2} \text{ См}\cdot\text{м}^{-1}$ . Рассчитайте соответствующие указанным концентрациям раствора значения эквивалентных электрических проводимостей, степеней диссоциации и концентрации ионов гидроксида. Определите также значение константы диссоциации данного электролита. Для  $\text{NH}_4\text{OH}$   $\lambda_\infty = 27,1 \text{ См}\cdot\text{м}^2\cdot\text{кмоль}^{-1}$ .

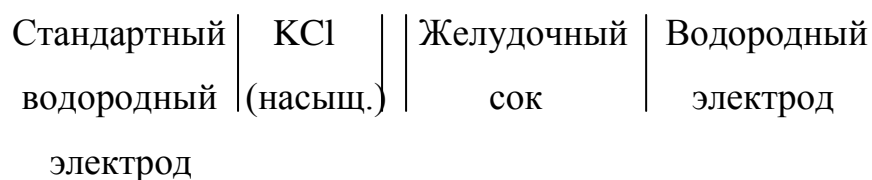
36. Вычислите концентрацию ионов водорода и pH водного уксусной кислоты

80. Ток силой в 1,5 А проходит через раствор  $\text{CuSO}_4$  в течение двух часов. Какова масса выделившейся меди, если выход по току в процессе составляет 87%?

37. При рафинировании меди ток силой в 50 А выделяет за 5 час 0,281 кг меди. Каков выход по току в этом процессе?

38. Электродвижущая сила элемента Якоби – Даниэля, в котором концентрации ионов меди и цинка одинаковы, при  $18^\circ\text{C}$  равна 1,10 В. Вычислите ЭДС цепи, в которой концентрация  $\text{Cu}^{2+}$  равна 0,0005, а  $\text{Zn}^{2+}$  соответственно 0,5 моль/дм<sup>3</sup>.

39. ЭДС цепи:



равна 0,082 В. Определите pH желудочного сока.

40 – 44. Приведите схему электрохимического (гальванического) элемента (табл. 5) и рассмотрите реакции на электродах. Рассчитайте значения ЭДС, максимальной электрической работы и константы равновесия процесса

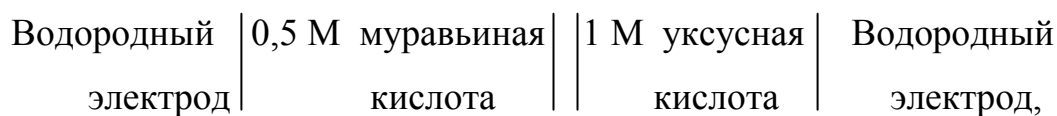
(условия стандартные). Значения стандартных электродных потенциалов металлов приведены в табл. 3 Приложения.

Таблица 5

Задача	Элемент
40	Mg – Cu
41	Li – Ag
42	Fe – Hg
43	Al – Cu
44	Cr – Hg

45. Цинковый электрод погружен в 0,1 н  $ZnSO_4$ . Вычислите, насколько изменится потенциал цинка, если раствор  $ZnSO_4$  разбавить в 10 раз, предположив сначала, что кажущаяся степень диссоциации при разбавлении не изменяется, а затем, учитывая, что  $\alpha_{каж}$  для 0,1 н раствора равна 0,40, а для 0,01 н – 0,64.

46. Какова ЭДС цепи:



если не принимать во внимание диффузионный потенциал? Константа диссоциации муравьиной кислоты  $1,77 \cdot 10^{-10}$ , а уксусной  $1,8 \cdot 10^{-5}$ .

47. Активность атомов полония за 20 дней снизились на 9,75 %. Считая распад полония реакцией первого порядка, найдите константу скорости и период полураспада.

48. При хранении биопрепарата установлено, что константа скорости его разложения при  $20^{\circ}C$  составляет  $1,5 \cdot 10^{-9} \text{ с}^{-1}$ . Определите срок хранения капсул биопрепарата (время разложения 10% вещества) при этой температуре.

49. Имеются следующие данные, показывающие зависимость концентрации исходного вещества экзотермической реакции от времени:

t, мин	0	10	20	30
c, моль/дм <sup>3</sup>	2,0	1,0	0,5	0,25

Определите порядок кинетического уравнения реакции.

50. Раствор сахарозы концентрацией  $0,3 \text{ моль/дм}^3$  в течение 30 мин инвертируется на 33%. Через какое время инвертируется 78% и 90% сахара?

51– 55. В табл. 6 приведены значения констант скоростей реакции  $k_1$  и  $k_2$  при температурах  $t_1$  и  $t_2$ . Вычислите константу скорости заданной реакции при температуре  $t_3$  и определите, сколько вещества прореагировало к моменту времени  $\tau$ , если начальная концентрация вещества  $C_0$  (моль/м<sup>3</sup>). Начальные концентрации реагирующих веществ одинаковы; порядок реакции считать по молекулярности.

Таблица 6

Задача	Реакция	$t_1, ^\circ\text{C}$	$k_1$	$t_2, ^\circ\text{C}$	$k_2$	$t_3, ^\circ\text{C}$	$\tau, \text{мин}$	$C_0$
51	$2\text{HI} = \text{H}_2 + \text{I}_2$	356	$8,09 \cdot 10^{-5}$	389	0,00058	374	68	2,5
52	$2\text{NO} + \text{O}_2 = 2\text{NO}_2$	0	0,00363	86	0,0112	50	40	1,5
53	$2\text{NO}_2 = 2\text{NO} + \text{O}_2$	600	83,9	640	407	620	60	2,0
54	$(\text{CH}_2)_3 \rightarrow \text{CH}_3 - \text{CH} = \text{CH}_2$	560,2	0,00687	650,2	0,146	590,2	40	1,52
55	$\text{COCl}_2 \rightarrow \text{CO} + \text{Cl}_2$	382	0,5310	472	67,7	410	10	0,8

56 – 58. Определите графическим способом энергию активации реакций по данным, представленными в табл. 8

Таблица 8

Задача	Реакция	Параметры			
56	$\text{Cu} + (\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8 = \text{CuSO}_4 + (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	$t, ^\circ\text{C}$	20	40	60
		$K \cdot 10^3$	9,6	18,6	82,86
57	$2\text{NOCl} = 2\text{NO} + \text{Cl}_2$	$t, ^\circ\text{C}$	150	200	250
		$K \cdot 10^3$	3,65	76,3	104,5
58	$\text{N}_2\text{O}_5 = \text{N}_2\text{O}_4 + \frac{1}{2} \text{O}_2$	$t, ^\circ\text{C}$	0	45	65
		$K \cdot 10^3$	0,0767	49,8	487



59. Введение антиоксиданта в систему изменило энергию активации процесса окисления жира на 9,6 кДж/моль при  $-7^{\circ}\text{C}$ . Во сколько раз (и в какую сторону) антиоксидант изменил скорость процесса?

60. Во сколько раз возрастёт скорость реакции при повышении температуры от  $20^{\circ}\text{C}$  до  $120^{\circ}\text{C}$ , если энергия активации реакции равна 125,61 кДж/моль? Сопоставьте это повышение скорости с рассчитанным по уравнению Вант-Гоффа при условии, что температурный коэффициент реакции равен двум.

61.. Денатурация некоторого вируса является процессом первого порядка с энергией активации 630 кДж/моль, период полураспада вируса при  $30^{\circ}\text{C}$  равен 5 час. Чему равен период полураспада при  $50^{\circ}\text{C}$ ?

62. В табл. 7 приведены значения констант скоростей реакции  $k_1$  и  $k_2$  при температурах  $t_1$  и  $t_2$ . Вычислите константу скорости заданной реакции при температуре  $t_3$  и определите, сколько вещества прореагировало к моменту времени  $\tau$ , если начальная концентрация вещества  $C_0$  (моль/м<sup>3</sup>). Начальные концентрации реагирующих веществ одинаковы; порядок реакции считать по молекулярности.

Таблица 7

Задача	Реакция	$t_1, ^{\circ}\text{C}$	$k_1$	$t_2, ^{\circ}\text{C}$	$k_2$	$t_3, ^{\circ}\text{C}$	$\tau, \text{мин}$	$C_0$
48	$2\text{HI} = \text{H}_2 + \text{I}_2$	356	$8,09 \cdot 10^{-5}$	389	0,000588	374	68	2,5
49	$2\text{NO} + \text{O}_2 = 2\text{NO}_2$	0	0,00363	86	0,0112	50	40	1,5
50	$2\text{NO}_2 = 2\text{NO} + \text{O}_2$	600	83,9	640	407	620	60	2,0
51	$(\text{CH}_2)_3 \rightarrow \text{CH}_3 -$ $\text{CH} = \text{CH}_2$	560,2	0,00687	650,2	0,146	590, 2	40	1,52
52	$\text{COCl}_2 \rightarrow \text{CO} + \text{Cl}_2$	382	0,5310	472	67,7	410	10	0,8

53. Введение антиоксиданта в систему изменило энергию активации процесса окисления жира на 9,6 кДж/моль при  $-7^{\circ}\text{C}$ . Во сколько раз (и в какую сторону) антиоксидант изменил скорость процесса?

54. Денатурация некоторого вируса является процессом первого порядка с энергией активации 630 кДж/моль, период полураспада вируса при  $30^{\circ}\text{C}$  равен 5 час. Чему равен период полураспада при  $50^{\circ}\text{C}$ ?

55. Рассчитайте, какое количество активированного угля необходимо для очистки  $500 \text{ м}^3$  сточной воды от соединений ртути с концентрацией  $0,047 \text{ мг/дм}^3$  до предельно допустимой концентрации (ПДК), равной  $0,005 \text{ мг/дм}^3$ . Удельная адсорбция ртути на угле равна  $0,016 \text{ мг/г}$ .

56. Общая поверхность альвеол легких человека составляет в среднем  $92 \text{ м}^2$ . Какое число молекул кислорода может адсорбироваться на этой поверхности, если площадь, занимаемая одной молекулой кислорода, равна  $21 \cdot 10^{-20} \text{ м}^2$ ? Рассчитайте величину удельной адсорбции кислорода в моль/ $\text{м}^2$ .

57--62. Привести формулу мицеллы золя, полученного при сливании водных растворов вещества А и небольшого избытка вещества В (табл. 8). Какие ионы в данном случае являются потенциалопределяющими? Как распределяются противоионы между адсорбционным и диффузионным слоями? К какому электроду будут двигаться коллоидные частицы этого золя при электрофорезе? Произведения растворимости малорастворимых веществ приведены в табл. 9

Таблица 8

Задача	А	В
57	$\text{AgNO}_3$	$\text{K}_2\text{S}$
58	$\text{NaOH}$	$\text{Be}(\text{NO}_3)_2$
59	$\text{Bi}(\text{NO}_3)_3$	$\text{Na}_2\text{S}$
60	$\text{K}_2\text{S}$	$\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$
61	$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$	$\text{Na}_3\text{PO}_4$
62	$\text{TiNO}_3$	$\text{K}_2\text{CrO}_4$

Таблица 9

Произведения растворимости малорастворимых веществ при  $20^\circ\text{C}$

$\text{Ag}_2\text{S}$	$6,0 \cdot 10^{-50}$	$\text{HgS}$	$1,6 \cdot 10^{-52}$
$\text{Be}(\text{OH})_2$	$6,3 \cdot 10^{-22}$	$\text{Pb}_3(\text{PO}_4)_2$	$8,0 \cdot 10^{-43}$
$\text{Bi}_2\text{S}_3$	$1,0 \cdot 10^{-72}$	$\text{Ti}_2\text{CrO}_4$	$9,8 \cdot 10^{-13}$

63. Золь иодида серебра получен при постепенном добавлении к  $20 \text{ см}^3$   $0,01 \text{ М}$  раствора иодида калия  $15 \text{ см}^3$   $0,2\%$ -ного раствора нитрата серебра. Написать формулу мицеллы образовавшегося золя и определить направление движения его частиц в электрическом поле. Плотность раствора нитрата серебра равна единице.

64. Вычислите по уравнению седиментации диаметр частиц серы, оседающих в водной среде, при условии, что скорость оседания равна  $3,24 \cdot 10^{-6}$  м/с, а постоянная Стокса  $1,1 \cdot 10^{-2}$ ; назовите систему, к которой относится по размеру частиц данная дисперсия серы.

65. Используя уравнение седиментационно-диффузионного равновесия, рассчитайте высоту над поверхностью Земли, на которой число частиц в  $1 \text{ м}^3$  аэрозоля угольной пыли уменьшится в 4 раза, если радиус сферических частиц составляет  $10^{-8}$  м, плотность частиц –  $1,2 \text{ г/см}^3$ ; плотностью воздуха можно пренебречь.

66. При ультрамикроскопическом исследовании гидрозоля серебра в кювете площадью  $5,4 \cdot 10^{-22} \text{ м}^2$  и глубиной пучка света  $2,5 \cdot 10^{-4}$  м подсчитано 2 частицы. Рассчитать среднюю длину ребра частиц, принимая их форму за кубическую. Концентрация золя  $20 \cdot 10^{-2} \text{ кг/м}^3$ , плотность серебра  $10,5 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ .

67. Как изменится интенсивность рассеянного света, если фруктовый сок, являющийся дисперсной системой, подвергнуть воздействию света длиной волны 430 нм и 680 нм соответственно?

68-72. При исследовании золя методом поточной ультрамикроскопии Дерягина – Власенко в объеме золя  $V \text{ м}^3$ , протекшем через счетное поле микроскопа, подсчитано  $n$  частиц. Определите средний размер частиц по данным табл. 11

Таблица 10

Задача	Характеристика золя	$V \cdot 10^{11}, \text{ м}^3$	$n$	$C, \text{ кг/м}^3$	$\rho \cdot 10^{-3}, \text{ кг/м}^3$	Средний $r$ или $l$
68	Масляный туман	1,33	50	$25 \cdot 10^{-6}$	0,9	Радиус
69	Гидрозоль серы	2	100	$6,5 \cdot 10^{-5}$	1	«
70	Водяной туман	3	60	$15 \cdot 10^{-6}$	1	«
71	Гидрозоль золота	1,6	70	$7 \cdot 10^{-6}$	19,3	Ребро куба
72	Масляный туман	1,5	53	$21 \cdot 10^{-6}$	0,92	Радиус

73. Вычислите  $\zeta$ -потенциал коллоидных частиц сульфида мышьяка в воде, если при электрофорезе за 180 с граница сместилась на  $5,4 \cdot 10^{-2}$  м. Градиент внешнего поля  $8 \cdot 10^{-2} \text{ В/м}$ , вязкость среды  $10^{-3} \text{ Па}\cdot\text{с}$ , а ее диэлектрическая проницаемость 81.

74. Электрокинетический потенциал золя апельсинового сока равен 0,05 В. Определите скорость и электрокинетическую подвижность частиц сферической формы, если диэлектрическая проницаемость равна 54,1, приложенная внешняя ЭДС 120 В, расстояние между электродами 0,40 м, вязкость  $4,5 \cdot 10^{-3} \text{ Па}\cdot\text{с}$ , а коэффициент формы частиц равен 0,67.

75. Определите порог коагуляции золя оксида алюминия, если этот процесс происходит при добавлении  $50 \text{ см}^3$  хромата калия концентрацией  $0,01 \text{ кмоль/м}^3$  к  $10^{-3} \text{ м}^3$  золя.

76. Золь гидроксида меди получен при сливании  $100 \text{ см}^3$   $0,05 \text{ н}$  раствора гидроксида натрия и  $250 \text{ см}^3$   $0,001 \text{ н}$  раствора нитрата меди (II). Какой из электролитов:  $\text{KBr}$ ,  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{MgSO}_4$  или  $\text{AlCl}_3$  будет иметь минимальный порог

77. Сколько воды поглотит  $0,2 \text{ кг}$  желатина при степени набухания, равной  $500\%$ ? При каких условиях можно получить истинный раствор желатин в воде?

78. Определите, сколько бензола поглотит  $5 \text{ кг}$  натурального каучука, если степень его набухания равна  $320\%$ ? Почему каучук и резина набухают

79. Определите коэффициент диффузии сахарозы  $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$  при  $15^\circ\text{C}$ . Плотность сахара  $1,587 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ , вязкость раствора  $0,001 \text{ Па}\cdot\text{с}$ , молекулу сахара можно рассматривать как сферическую.

80. Рассчитайте молекулярную массу поливинилацетата в ацетоне, пользуясь данными вискозиметрического метода:

Концентрация раствора $C$ , $\text{кг/м}^3$	1,0	3,0	5,0	7,0
Удельная вязкость раствора $\eta_{\text{уд}}$	0,14	0,465	0,84	1,3
Константы	$k = 4,2 \cdot 10^{-5}$		$\alpha = 0,68$	

81. Определите молекулярную массу этилцеллюлозы в толуоле, используя данные вискозиметрического метода:

Концентрация раствора $C$ , $\text{кг/м}^3$	2,0	4,0	6,0	8,0	10,0
Приведенная вязкость $\eta_{\text{уд}}/C$	0,163	0,192	0,210	0,240	0,263
Константы	$k = 11,8 \cdot 10^{-5}$			$\alpha = 0,666$	

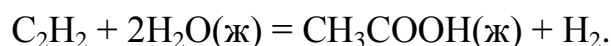
82. Определите молекулярную массу полиамида в м-крезоле, пользуясь экспериментальными данными метода ультрацентрифугирования:

Концентрация раствора $C$ , $\text{кг/м}^3$	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0
Константа седиментации $S$	0,526	0,444	0,426	0,376	0,325	0,283
Константы	$k = 81,7 \cdot 10^{-3}$			$v = 0,45$		

Расчеты провести по уравнению  $S_0 = \text{KM}^B$ , где  $S_0$  – константа седиментации при бесконечном разведении, т.е. при  $C \rightarrow 0$ .

## ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ТИПОВЫХ ЗАДАЧ

**Задача 1.** Определите  $\Delta H$ ,  $\Delta U$ ,  $\Delta F$ ,  $\Delta G$ ,  $\Delta S$  при стандартных условиях для реакции



Необходимые данные взять из справочника.

Вещество	$\text{C}_2\text{H}_2(\text{г})$	$\text{H}_2\text{O(ж)}$	$\text{CH}_3\text{COOH(ж)}$	$\text{H}_2(\text{г})$
$\Delta H_{\text{f},298}^{\circ} \cdot 10^{-6}$ , Дж/кмоль	226,910	-286,043	-487,367	0
$S_{298}^{\circ} \cdot 10^{-6}$ , Дж/(кмоль·К)	200,963	69,990	159,943	130,680

*Решение.* Определяем тепловой эффект реакции при 298 К, воспользовавшись следствием из закона Гесса:

$$\begin{aligned} \Delta H_{298} &= \sum (\Delta H_{298}^{\circ})_{\text{обр. прод. реакции}} - \sum (\Delta H_{298}^{\circ})_{\text{обр. исх. реакции}} = \\ &= [(-487,367) - (-2 \cdot 286,043 + 226,910)] \cdot 10^6 = -142,191 \cdot 10^6 \text{ Дж/кмоль}, \\ \Delta U &= \Delta H_{298} - p\Delta V = \Delta H_{298} - \Delta nRT. \end{aligned}$$

При расчете  $\Delta U$  учитываются стехиометрические коэффициенты только газообразных веществ:

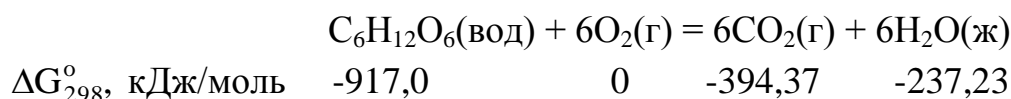
$$\Delta n = n_{\text{H}_2} - n_{\text{C}_2\text{H}_2} = 1 - 1 = 0.$$

Следовательно,  $\Delta H_{298}^{\circ} = \Delta U_{298}^{\circ}$ ;

$$\begin{aligned} \Delta S_{298}^{\circ} &= \sum (S_{298}^{\circ})_{\text{прод. реакции}} - \sum (S_{298}^{\circ})_{\text{исх. веществ}} = \\ &= [(130,680 + 159,943) - (200,963 + 2 \cdot 69,990)] \cdot 10^3 = \\ &= -50,023 \cdot 10^3 \text{ Дж/(кмоль·К)}; \\ \Delta G &= -142,191 \cdot 10^6 - 298(-50,023 \cdot 10^3) = -127,284 \text{ Дж/кмоль}. \end{aligned}$$

Следовательно,  $\Delta F_{298} = \Delta G_{298} = -127,284 \cdot 10^6$  Дж/кмоль. Реакция возможна.

**Задача 2.** Вычислите стандартную энергию Гиббса  $\Delta G^{\circ}$  и определите возможность самопроизвольного протекания реакции:



Изменение энергии Гиббса реакции вычислим по формуле:

$$\Delta G^0 = \sum \nu_j \Delta G_j^0 - \sum \nu_i \Delta G_i^0,$$

В обратном направлении самопроизвольно протекать реакция не может, но она идёт под действием энергии Солнца в присутствии хлорофилла (фотосинтез).

**Задача 3.** Определите изменение энтропии при переходе 2 кг  $\text{H}_2\text{O}$   $p = 1,0133 \cdot 10^5$  Па в пар. Удельная теплота испарения  $l = 2260,98 \cdot 10^3$  Дж/кг.

*Решение.*  $\Delta S$  в процессе фазового перехода подсчитывается по формуле

$$\Delta S = L/T_{\text{кип}},$$

где  $L$  – теплота испарения 2 кг воды. Следовательно,

$$L = 2 \cdot 2260,98 \cdot 10^3 = 4521,96 \cdot 10^3 \text{ Дж},$$

$$\Delta S = \frac{4521,96 \cdot 10^3}{273 + 100} = 12,123 \cdot 10^3 \text{ Дж/К}.$$

**Задача 4.** При  $400^\circ\text{C}$  2,5 г  $\text{COCl}_2$ , частично диссоциирующий на  $\text{CO}$  и  $\text{Cl}_2$ , занимает объём  $1,7 \cdot 10^{-3}$  м<sup>3</sup>, давление  $1,01325 \cdot 10^5$  Па (1 атм). Рассчитайте степень диссоциации  $\alpha$  и константу равновесия  $K_p$ .

*Решение.*

$$\text{COCl}_2 \leftrightarrow \text{CO} + \text{Cl}_2$$

$$\begin{array}{ccc} & & \alpha \\ & & \alpha \\ 1-\alpha & & \alpha \end{array}$$

$$pV = nRT;$$

$$1,7 \cdot 10^{-3} \cdot 1,01325 \cdot 10^5 = n \cdot 8,314(400 + 273)10^3;$$

$$n = \frac{1,7 \cdot 10^{-3} \cdot 1,01325 \cdot 10^5}{8,314 \cdot 673 \cdot 10^3} = 0,0308 \cdot 10^{-3} \text{ кмоль}.$$

Молярная масса  $\text{COCl}_2$  равна 99, т.е. в системе фосгена  $\frac{2,5}{99}(1-\alpha)$  моль или  $\frac{2,5}{99}(1-\alpha)10^{-3}$  кмоль, а  $\text{CO}$  и  $\text{Cl}_2$  по  $\frac{2,5}{99}\alpha$  моль или  $\frac{2,5}{99}\alpha \cdot 10^{-3}$  кмоль.

Для определения  $\alpha$  составляем уравнение

$$\frac{2,5}{99}(1-\alpha) + 2 \frac{2,5}{99}\alpha = 0,0308(0,0308 \cdot 10^{-3} \text{ кмоль}).$$

$$\frac{2,5}{99} - \frac{2,5}{99}\alpha + 2\frac{2,5}{99}\alpha = \frac{2,5}{99} + \frac{2,5}{99}\alpha = 0,0308;$$

$$\alpha = \frac{0,0308 - 0,02525}{0,02525} = \frac{0,00555}{0,02525} = 0,220.$$

Определяем  $K_p$ :

$$P_{\text{общ}} = P_{\text{СОСл}_2} + P_{\text{СО}} + P_{\text{Сл}_2},$$

где  $p_{\text{общ}}$  – общее давление равно  $1,01325 \cdot 10^5$  Па. Число молей после диссоциации  $n$  равно:

$$n = 1 - \alpha + \alpha + \alpha = 1 + \alpha.$$

Находим парциальные давления компонентов:

$$P_{\text{СО}} = P_{\text{Сл}_2} = \frac{\alpha}{1 + \alpha} P_{\text{общ}};$$

$$K_p = \frac{P_{\text{СО}} P_{\text{Сл}_2}}{P_{\text{СОСл}_2}} = \frac{\alpha^2 P_{\text{общ}}^2 (1 + \alpha)}{(1 + \alpha)^2 (1 - \alpha) P_{\text{общ}}} = \frac{\alpha^2}{1 - \alpha^2} P_{\text{общ}} =$$

$$= \frac{0,220^2}{1 - 0,220^2} 1,01325 \cdot 10^5;$$

$$K_p = \frac{0,0484 \cdot 1,01325 \cdot 10^5}{0,9516} = 0,05153 \cdot 10^5 = 5154 \text{ Па}.$$

**Задача 5.** Вычислить давление пара 10%-го раствора мочевины  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$  при  $50^\circ\text{C}$ . Давление паров воды при  $50^\circ\text{C}$   $p_A^0 = 12\,320 \text{ Н/м}^2$ .

*Решение.* Согласно закону Рауля относительное понижение давления пара растворителя над раствором равно отношению числа молей растворённого вещества к сумме числе молей растворителя и растворённого вещества:

$$\frac{p_A^0 - p_A}{p_A^0} = \frac{n_b}{n_a + n_b} = N_B,$$

где  $p_A^0$  – давление пара над чистым растворителем при данной температуре;  $p_A$  – парциальное давление пара растворителя над раствором при той же температуре;  $n_b$  – число молей растворённого вещества;  $n_a$  – число молей растворителя.

В 100 г 10%-го раствора мочевины содержится 10 г мочевины и 90 г воды:  $M_{\text{CO}(\text{NH}_2)_2} = 60$ ;  $M_{\text{H}_2\text{O}} = 18$ .

Определяем число молей мочевины ( $n_b$ ) и воды ( $n_a$ ) в 100 г 10%-го раствора.

$$n_b = \frac{10}{60} = 0,167 \text{ моль}; \quad n_a = \frac{90}{18} = 5 \text{ моль}.$$

Из закона Рауля следует, что

$$p_A = p_A^0 - \frac{p_A^0 n_b}{n_a + n_b} = 12320 - \frac{12320 \cdot 0,167}{5,167} = 11922 \text{ Н/м}^2.$$

**Задача 6.** Вычислите температуру замерзания 15%-го раствора сахара в воде. Молярное понижение температуры замерзания равно 1,86 град/моль.

*Решение.* Применяем криоскопическое уравнение Рауля

$$M = gR \cdot 1000 / (G\Delta T),$$

где  $K = 1,86$  град/моль,  $M = 342$  г/моль,  $g = 15$  г,  $G = 85$  г. Находим из этого уравнения понижение температуры замерзания

$$\Delta t = 15 \cdot 1,86 \cdot 1000 / (342 \cdot 85) = 0,96^\circ\text{C} \quad (\text{численно } \Delta t = \Delta T).$$

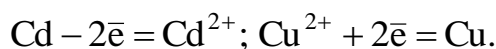
Температура замерзания чистой воды  $0^\circ\text{C}$ . Следовательно, температура замерзания 15%-го раствора сахара равна:

$$0 - 0,96^\circ = -0,96^\circ\text{C}.$$

$$C = 1,03 \cdot 10^{-4} \text{ моль} \cdot \text{л}^{-1}.$$

**Задача 7.** Гальванический элемент содержит медный ( $\varphi_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}}^0 = 0,337 \text{ В}$ ) и кадмиевый ( $\varphi_{\text{Cd}^{2+}/\text{Cd}}^0 = -0,403 \text{ В}$ ) электроды. Приведите уравнение, выражающее зависимость ЭДС от активности ионов, условную запись гальванического элемента и уравнение протекающей в гальваническом элементе реакции. Рассчитайте максимальную работу процесса и константу равновесия.

*Решение.* На электродах протекают процессы



Уравнения для электродных потенциалов таковы:

$$\varphi_{\text{Cd}^{2+}/\text{Cd}} = \varphi_{\text{Cd}^{2+}/\text{Cd}}^0 + \frac{RT}{2F} \ln a_{\text{Cd}^{2+}}; \quad \varphi_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}} = \varphi_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}}^0 + \frac{RT}{2F} \ln a_{\text{Cu}^{2+}}.$$

Разность электродных потенциалов можно представить двумя способами:

$$E_1 = \varphi_{\text{Cd}^{2+}/\text{Cd}} - \varphi_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}} = \left( \varphi_{\text{Cd}^{2+}/\text{Cd}}^0 - \varphi_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}}^0 \right) + \frac{RT}{2F} \ln \frac{a_{\text{Cd}^{2+}}}{a_{\text{Cu}^{2+}}};$$

$$E_2 = \varphi_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}} - \varphi_{\text{Cd}^{2+}/\text{Cd}} = \left( \varphi_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}}^0 - \varphi_{\text{Cd}^{2+}/\text{Cd}}^0 \right) + \frac{RT}{2F} \ln \frac{a_{\text{Cu}^{2+}}}{a_{\text{Cd}^{2+}}}.$$



Правильной является вторая запись, так как ей соответствует условие:

$$E^0 = \varphi_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}}^0 - \varphi_{\text{Cd}^{2+}/\text{Cd}}^0 = 0,74 \text{ В} > 0.$$

Условная запись гальванического элемента, отвечающая этому уравнению, имеет следующий вид:  $\text{Cd}|\text{Cd}^{2+}||\text{Cu}^{2+}|\text{Cu}$ . Уравнение химической реакции таково:  $\text{Cu}^{2+} + \text{Cd} = \text{Cd}^{2+} + \text{Cu}$ .

Считая, что реакция в элементе протекает в равновесных условиях, определим его максимальную электрическую работу:

$$W_{\text{max}} = nFE,$$

где  $E$  – ЭДС реакции;  $n$  – число переходящих электронов;  $F$  – число Фарадея, равное 96 500 Кл/моль.

$$W_{\text{max}} = 2 \cdot 96\,500 \cdot 0,74 = 142\,820 \text{ (Дж/моль)} = 142,82 \text{ (кДж/моль)}.$$

Константу равновесия реакции  $K$  определим по уравнению изотермы Вант-Гоффа для стандартных условий:

$$W_{\text{max}} = \Delta G^\circ = RT \ln K = 2,3RT \lg K,$$

где  $\Delta G^\circ$  – изменение энергии Гиббса.

Для 298 К

$$\lg K = \frac{W_{\text{max}}}{2,3RT} = \frac{142820}{2,3 \cdot 8,31 \cdot 298} = 25,08$$

$$K = 10^{25,08} = 119 \cdot 10^{25}.$$

$$\frac{2,3RT}{F} = 0,059 \text{ при } T = 298 \text{ К};$$

$$pH = \frac{\varphi_{\text{хинг}}^0 - \varphi_{\text{кат}}^0 - E_{\text{цепи}}}{0,059} = \frac{0,6994 - 0,3369 - 0,15}{0,059} = 3,60.$$

**Задача 8.** Образование фосгена по уравнению  $\text{CO} + \text{Cl}_2 = \text{COCl}_2$  является реакцией бимолекулярной. Рассчитать концентрацию фосгена через 2 ч после начала реакции.

Время, мин	0	24	42
Концентрация $\text{CO}$ или $\text{Cl}_2$ , кмоль/м <sup>3</sup> ( $C_{\text{CO}} = C_{\text{Cl}_2}$ )	0,0187	0,0173	0,0164

*Решение.* Константу скорости определяем по уравнению

$$k = \frac{1}{t} \cdot \frac{x}{a(a-x)},$$

где  $t$  – время;  $x$  – изменение концентрации;  $a$  – начальная концентрация.

Тогда

$$x_1 = 0,0187 - 0,0173 = 0,0014;$$

$$x_2 = 0,0187 - 0,0164 = 0,0023;$$

$$k_1 = \frac{1}{24} \cdot \frac{0,0014}{0,0187 \cdot 0,0173} = 0,180 \text{ м}^3/(\text{мин} \cdot \text{кмоль});$$

$$k_2 = \frac{1}{42} \cdot \frac{0,0023}{0,0187 \cdot 0,0164} = 0,179 \text{ м}^3/(\text{мин} \cdot \text{кмоль});$$

$$k = 0,18 \text{ м}^3/(\text{мин} \cdot \text{кмоль}) = 3 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/(\text{моль} \cdot \text{с}).$$

Из уравнения константы скорости находим изменение концентрации исходных веществ  $x$ , равное концентрации фосгена:

$$x = kta^2/(1 + kta);$$

$$x = \frac{0,18 \cdot 120(0,0187)^2}{1 + 0,18 \cdot 120 \cdot 0,0187} = 0,00544 \text{ кмоль/м}^3.$$

Через два часа концентрация фосгена стала равной  $0,0054 \text{ кмоль/м}^3$ .

**Задача 9** Константа скорости разложения изменяется с температурой следующим образом:

$t, ^\circ\text{C}$	25	45
$k, \text{мин}^{-1}$	0,0093	0,0342

Вычислите энергию активации и константу скорости при  $30^\circ\text{C}$ .

*Решение.* Определение энергии активации ведем по уравнению Аррениуса:

$$2,31\text{lg} \frac{k_2}{k_1} = A \left( \frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right).$$

где  $A$  – константа уравнения Аррениуса.

Энергия активации  $E_a = -AR$

Решив уравнение относительно  $A$ , получим:

$$A = \frac{T_1 T_2 \cdot 2,31\text{lg} \frac{k_2}{k_1}}{T_1 - T_2};$$

$$A = \frac{313 \cdot 298 \cdot 2,31\text{lg} \frac{0,0342}{0,0093}}{15} \approx -8080;$$

$$E_a = 8,314 \cdot 8088 = 67\,247 \text{ Дж/моль}.$$

На основании того же уравнения, приняв  $T_1 = 298 \text{ K}$ ,  $T_2 = 303 \text{ K}$ ,  $k_1 = 0,0093$  и  $A = -8088$ , получаем

$$\lg k_{303} = -\frac{8088 \cdot 5}{2,3 \cdot 298 \cdot 303} + 3,968 = -2,1627;$$

$$k_{303} = 0,0145 \text{ мин}^{-1}.$$

**Задача 10.** Вычислить энергию активации гидролиза этилацетата в щелочном растворе ( $10^\circ\text{C} - 45^\circ$ ); температурный коэффициент реакции  $\gamma = 1,9$ .

*Решение.* Зависимость константы скорости химической реакции от температуры выражается приближённым правилом Вант-Гоффа (3.3). Представим его в уравнение в логарифмической форме:

$$\ln \frac{k_2}{k_1} = \frac{t_2 - t_1}{10} \ln \gamma.$$

Выведем расчётную формулу для энергии активации, используя уравнения Вант-Гоффа и Аррениуса:

$$E_a = \frac{RT_1 T_2 \ln \gamma}{10}.$$

Подставив в полученное выражение известные по условию задачи значения, вычислим:

$$E_a = \frac{8,31 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{K}) \cdot 283 \text{ K} \cdot 318 \text{ K} \cdot \ln 1,9}{10} =$$

$$= 48\,001 \text{ Дж/моль} \approx 48 \text{ кДж/моль}.$$

$$E_a \approx 48 \text{ кДж/моль}.$$

**Задача 11.** На основе опытных данных, полученных при изучении адсорбции углем бензойной кислоты из раствора ее в бензоле при  $25^\circ\text{C}$  определить графически константы  $\alpha$  и  $1/n$  в уравнении Фрейндлиха:

$C$ , моль/см <sup>3</sup>	0,006	0,025	1,04	0,118
$\frac{x}{m}$ , ммоль/г	0,44	0,78	1,04	1,44

*Решение.* Для нахождения констант уравнения используем логарифмическую форму уравнения Фрейндлиха:

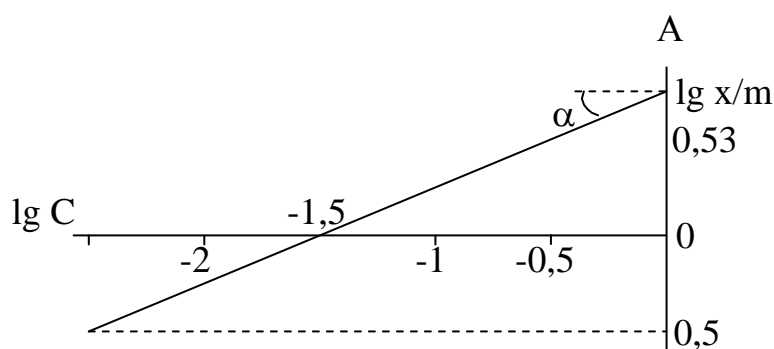
$$\lg \alpha = \lg \frac{x}{m} = \lg K + \frac{1}{n} \lg C,$$

где  $x$  – количество адсорбированной бензойной кислоты, моль;  $m$  – навеска угля, г.

Находим логарифмы  $C$  и  $x/m$ :

$\lg C$	$\lg x/m$
$\lg 0,006 = \bar{3},7782 = -1,2218$	$\lg 0,44 = \bar{1},6435 = -0,3565$
$\lg 0,0025 = \bar{2},3979 = -1,6021$	$\lg 0,78 = \bar{1},8921 = -0,1079$
$\lg 0,053 = \bar{2},7243 = -1,2757$	$\lg 1,04 = 0,0170 = +0,0170$
$\lg 0,118 = \bar{1},0719 = -0,9281$	$\lg 1,44 = 0,1584 = +0,1584$

Строим график, откладывая на оси ординат  $\lg \frac{x}{m}$ , а на оси абсцисс  $\lg C$ .



Отрезок  $OA$  представляет собой  $\lg K$  в уравнении изотермы адсорбции, а  $1/n$  является  $\operatorname{tg} \alpha$ . Из графика видно, что  $\lg K = 0,53$ , следовательно,  $K = 3,4$ ;  $\operatorname{tg} \alpha = 0,4040$ ;  $1/n \approx 0,4$ ;  $n \approx 2,5$ .

Для данного случая уравнение Фрейндлиха можно записать так:

$$x/m = 3,4C^{0,4}.$$

**Задача 12.** Какой путь пройдёт частица золя железа в этилацетате за 30 мин при градиенте потенциала  $2 \cdot 10^3$  В/м, если известно, что  $\zeta$ -потенциал частиц железа равен 80 мВ. Свойства дисперсионной среды (этилацетата) характеризуются следующими данными: относительная диэлектрическая проницаемость равна 6, а вязкость – 0,43 мПа·с.

*Решение.* Из уравнения Гельмгольца–Смолуховского для электрокинетического или  $\zeta$ -потенциала определим электрофоретическую скорость  $U$  частиц золя:

$$U = \frac{\varepsilon \cdot \varepsilon_0 E}{\eta \cdot f} \zeta,$$

где  $\varepsilon$  – диэлектрическая проницаемость среды;  $\eta$  – вязкость среды, Па·с;  $E$  – градиент потенциала, В/м;  $\varepsilon_0$  – постоянная вакуума, равная  $8,85 \cdot 10^{-12}$  Ф/м;  $f$  – коэффициент формы частиц.

Примем, что частицы золя железа имеют сферическую форму ( $f = 2/3$ ) и подставим численные значения величин в уравнение:

$$U = \frac{8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 6 \cdot 2 \cdot 10^3}{0,43 \cdot 10^{-3} \cdot 2/3} 80 \cdot 10^{-3} = 2,9 \cdot 10^{-5} \text{ (м/с)}.$$

Путь частиц  $S$  рассчитаем по уравнению:

$$S = U \cdot \tau = 2,9 \cdot 10^{-5} \text{ м/с} \cdot 30 \cdot 60 \text{ с} = 0,052 \text{ м}$$

$$S = 0,052 \text{ м} = 5,2 \text{ см}.$$

**Задача 13.** Определить молекулярную массу  $M_r$  синтетического каучука, если известно, что характеристическая вязкость его раствора в хлороформе  $[\eta] = 0,0215$ , константы уравнения Марка–Хаувинка  $K = 1,85 \cdot 10^{-5}$  и  $\alpha = 0,56$ .

*Решение.* Для нахождения  $M_r$  используем уравнение Марка–Хаувинка

$$[\eta] = KM_r^\alpha.$$

Вязкость раствора полимера является характеристической, т.е.

$$[\eta] = \lim_{C \rightarrow 0} \left[ \frac{\eta - \eta_0}{\eta_0} \cdot \frac{1}{C} \right] = 0,0215 \text{ м}^3/\text{кг},$$

где  $\eta$  – вязкость раствора;  $\eta_0$  – вязкость чистого растворителя – хлороформа;  $C$  – концентрация раствора,  $\text{кг}/\text{м}^3$ .

Перед тем как приступить к решению задачи, проводим логарифмирование уравнения Марка–Хаувинка:

$$\lg[\eta] = \lg K + \alpha \lg M_r$$

и только после этого решим его относительно  $\lg M_r$ , а затем подставим данные задачи:

$$\lg M_r = \frac{\lg[\eta] - \lg K}{\alpha} = \frac{\lg 0,0215 - \lg 1,85 \cdot 10^{-5}}{0,56} = 5,48.$$

Следовательно,  $M_r = 10^{5,48} = 302\,000$ .

Расчеты значений молекулярной массы полимеров по методу ультрацентрифугирования обычно проводят по уравнению

$$s_0 = KM_r^b,$$

где  $K$  и  $b$  – эмпирические константы;  $s_0$  – константа седиментации в ультрацентрифуге при бесконечном разведении. Значение  $s_0$  находят,

используя линейную зависимость между  $1/s$  и  $C$  – концентрацией полимера путем построения графика (откладывая значения  $C$  по его абсциссе, а  $1/s$  – по ординате и, проводя таким образом полученную прямую до пересечения ее с ординатой, находят  $1/s_0$ ). Затем уравнение логарифмируют и, подставляя туда известные величины  $K$ ,  $b$  и  $s_0$ , определяют последовательно  $\lg M_r$  и  $M_r$ .

## Приложение

### Таблица 1. Термодинамические величины для некоторых элементов и соединений

( $\Delta H_{298}^0$  (обр) – изменение энтальпии (теплоты образования) в стандартных условиях;  $S_{298}^0$  - стандартное значение энтропии;

$\Delta G$  (обр) - стандартное значение энергии Гиббса)

Вещество	$\Delta H_{298}^0$ (обр), кДж/моль	$S_{298}^0$ , Дж/(моль*К)	$\Delta G^0$ (обр), кДж/моль	Вещество	$\Delta H_{298}^0$ (обр), кДж/моль	$S_{298}^0$ , Дж/(моль*К)	$\Delta G$ (обр), кДж/моль
С (графит)	0	5,74	0	Ca(OH) <sub>2</sub> (кр)	-985,12	83,39	-897,52
H <sub>2</sub> (г)	0	130,6	0	CaO (кр)	-635,09	38,07	-603,46
O <sub>2</sub> (г)	0	205,03	0	HCl (г)	-92,81	186,79	-95,30
Cl <sub>2</sub> (г)	0	222,98	0	CH <sub>4</sub> (г)	-74,85	186,27	-50,85
CO (г)	-110,70	197,48	-137,14	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> (г)	226,75	200,82	209,21
CO <sub>2</sub> (г)	-393,51	213,66	-394,37	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> (г)	52,30	219,45	68,14
H <sub>2</sub> O (г)	-241,81	188,74	-228,61	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> (г)	-84,67	229,49	-32,93
H <sub>2</sub> O (ж)	-285,84	69,95	-237,24	CH <sub>3</sub> OH (г)	-201,00	239,76	-162,38
NO (г)	91,26	210,64	87,58	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH (г)	-234,80	281,38	-167,96
NO <sub>2</sub> (г)	34,19	240,06	52,29	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH (ж)	-274,98	160,67	-174,15
SO <sub>2</sub> (г)	-296,90	248,07	-300,21	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> (ж)	49,03	173,26	124,38
SO <sub>3</sub> (г)	-395,85	256,69	-371,17	CH <sub>3</sub> CHO (г)	-166,00	264,20	-132,95
SO <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub> (ж)	-394,13	216,31	-321,49	CaC <sub>2</sub> - $\alpha$	-59,83	69,96	-64,85
MgCO <sub>3</sub> (кр)	-1095,85	65,10	-1012,15	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub> (кр)	-1275,0	212,0	-911,0
MgO (кр)	-601,49	27,07	-569,27	C <sub>12</sub> H <sub>22</sub> O <sub>11</sub> (кр)	-2222,0	360,0	-1543,0

**Таблица 2. Теплоты сгорания некоторых соединений в стандартных условиях**

Вещество	$\Delta H_{298}^0$ , кДж/моль	Вещество	$\Delta H_{298}^0$ , кДж/моль
CH <sub>4</sub> (г) метан	-890,31	C <sub>2</sub> H <sub>7</sub> N (г)	-1768,15
C <sub>6</sub> H <sub>14</sub> (г) гексан	-4163,05	диметиламин	
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> (ж) бензол	-3267,58	C <sub>5</sub> H <sub>5</sub> N (ж)	-2755,16
C <sub>10</sub> H <sub>8</sub> (кр) нафталин	-5156,78	пиридин	
C <sub>12</sub> H <sub>22</sub> O <sub>11</sub> (кр)		C <sub>6</sub> H <sub>7</sub> N (ж) анилин	-3396,2
сахароза	-5646,73	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O (ж) этанол	-1370,68
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O <sub>3</sub> (ж) глицерин	-1661,05	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> O (кр) фенол	-3063,52
CH <sub>4</sub> ON <sub>2</sub> (кр)		C (кр) углерод	-393,51
мочевина	-634,05	H <sub>2</sub> (г) водород	-285,83

**Таблица 3. Стандартные электродные потенциалы в водных растворах при 25<sup>0</sup>С**

Электрод	Электродная реакция	$\varphi^0$ , В
Li <sup>+</sup> / Li	Li <sup>+</sup> + e = Li	-3,045
Ca <sup>2+</sup> / Ca	Ca <sup>2+</sup> + 2e = Ca	-2,866
Na <sup>+</sup> / Na	Na <sup>+</sup> + e = Na	-2,714
Mg <sup>2+</sup> / Mg	Mg <sup>2+</sup> + 2e = Mg	-2,363
Al <sup>3+</sup> / Al	Al <sup>3+</sup> + 3e = Al	-1,662
Ti <sup>2+</sup> / Ti	Ti <sup>2+</sup> + 2e = Ti	-1,628
Mn <sup>2+</sup> / Mn	Mn <sup>2+</sup> + 2e = Mn	-1,180
Cr <sup>2+</sup> / Cr	Cr <sup>2+</sup> + 2e = Cr	-0,913
Cr <sup>3+</sup> / Cr	Cr <sup>3+</sup> + 3e = Cr	-0,744
Zn <sup>2+</sup> / Zn	Zn <sup>2+</sup> + 2e = Zn	-0,763
Fe <sup>2+</sup> / Fe	Fe <sup>2+</sup> + 2e = Fe	-0,440
Cd <sup>2+</sup> / Cd	Cd <sup>2+</sup> + 2e = Cd	-0,403
Ni <sup>2+</sup> / Ni	Ni <sup>2+</sup> + 2e = Ni	-0,250
Pb <sup>2+</sup> / Pb	Pb <sup>2+</sup> + 2e = Pb	-0,126
Fe <sup>3+</sup> / Fe	Fe <sup>3+</sup> + 3e = Fe	-0,036
2H <sup>+</sup> / H <sub>2</sub>	H <sup>+</sup> + e = 1/2 H <sub>2</sub>	0
Cu <sup>2+</sup> / Cu	Cu <sup>2+</sup> + 2e = Cu	+0,337
Cu <sup>+</sup> / Cu	Cu <sup>+</sup> + e = Cu	+0,521
Ag <sup>+</sup> / Ag	Ag <sup>+</sup> + e = Ag	+0,799
Hg <sup>2+</sup> / Hg	Hg <sup>2+</sup> + 2e = Hg	+0,854
Pt <sup>2+</sup> / Pt	Pt <sup>2+</sup> + 2e = Pt	+1,20
Au <sup>3+</sup> / Au	Au <sup>3+</sup> + 3e = Au	1,498
Au <sup>+</sup> / Au	Au <sup>+</sup> + e = Au	+1,691



## Вопросы к зачету (4 семестр)

1. Предмет и содержание дисциплины «Аналитическая химия», основные разделы. Значение дисциплины для пищевой технологии и охраны окружающей среды.
2. Основные понятия химической термодинамики, первое начало. Внутренняя энергия и энтальпия. Термохимия. Закон Гесса и следствия из него. Термохимические расчеты.
3. Калориметрия. Определение энергетической ценности пищевых продуктов и топлива.
4. Второе начало термодинамики. Энтропия и термодинамическая вероятность системы. Энергия Гиббса и Гельмгольца. Химический потенциал. Термодинамические факторы, определяющие направление процесса.
5. Химическое равновесие. Константа равновесия. Уравнение изотермы Вант-Гоффа. Химическое равновесие в гетерогенных системах.  
Изменение константы равновесия с температурой. Принцип смещения равновесия Ле Шателье.
6. Фазовые равновесия. Правило фаз Гиббса. Анализ фазовой диаграммы состояния воды.
7. Законы Рауля. Эбуллиоскопия и криоскопия и их применение.
8. Диффузия и осмос в растворах. Обратный осмос. Значение осмотического давления для технологических процессов.
9. Взаимная растворимость жидкостей. Первый закон Коновалова. Дистилляция двойных смесей. Ректификация.
10. Второй закон Коновалова. Азеотропные смеси, их применение и методы разделения.
11. Закон распределения Нернста-Шилова. Экстракция и факторы, влияющие на степень экстрагирования. Процессы экстракции в технологии.

12. Растворы электролитов. Причины отклонения от законов Рауля и Вант-Гоффа в растворах сильных электролитов. Слабые электролиты. Закон разбавления Оствальда.

13. Основные положения теории растворов сильных электролитов Дебая и Гюккеля. Активность, коэффициент активности, ионная сила раствора. Ра

14. Электропроводность растворов электролитов. Удельная и эквивалентная электропроводность. Кондуктометрия и ее применение в пищевой технологии.

15. Электродные потенциалы и ЭДС. Контактный, диффузионный и электродный потенциалы в гальванической цепи.

Механизм возникновения двойного электрического слоя (ДЭС) на межфазной поверхности. Строение ДЭС. Факторы, влияющие на величину и знак электродного потенциала.

16. Измерение электродного потенциала. Стандартный водородный электрод. Ряд стандартных электродных потенциалов и выводы из него.

Уравнение Нернста для расчета электродного потенциала.

17. Типы электрохимических (гальванических) цепей. Принцип работы и схемы химических, концентрационных и окислительно-восстановительных цепей, расчет ЭДС.

18. Классификация электродов. Электроды 1-го и 2-го родов. Стандартные и индикаторные электроды.

19. Методы измерения ЭДС. Применение метода ЭДС (потенциометрии) в практике анализа пищевой технологии.

20. Химическая кинетика. Скорость реакции (средняя и истинная). Факторы, влияющие на скорость реакции.

21. Зависимость скорости реакции от концентрации. Закон действующих масс (ЗДМ). Константа скорости. Особенность применения ЗДМ для гетерогенных процессов.

22. Кинетическая классификация реакций по молекулярности и порядку. Реакции нулевого, первого и второго порядков. Период полупревращения.

23. Зависимость скорости реакции от температуры. Теория активных соударений молекул (ТАС). Энергия активации. Уравнения Аррениуса. Основы теории активированного комплекса (ТАК).

24. Сложные реакции. Параллельные, последовательные, обратимые, сопряженные и колебательные реакции.

25. Цепные и фотохимические процессы. Цепные реакции в природе и в технологии.

26. Катализ. Общие принципы и виды катализа.

27. Особенности гомогенного и гетерогенного катализа.

28. Ферментативный катализ, его особенности. Применение ферментов в пищевой технологии.

29. Электронная теория Льюиса

30. Теория Усановича и Аррениуса.

31. Сильные и слабые электролиты.

32. Классификация погрешностей.

33. Основные понятие титриметрического метода.

34. Метод кислотно-основного титрования.

35. Титриметрические методы окисление-восстановления.

36. Расчет потенциала в точке эквивалентности.

37. Анализ органических соединений.

38. Определение окислителей (обратное титрование или титрование по остатку).

39. Рабочие растворы и индикаторы.

40. Определение восстановителей методом обратного титрования.

## Примеры вариантов итоговых тестовых заданий

Задания предлагаются с выбором одного правильного ответа; число вопросов в одном варианте -10, число вариантов -8.

### Вариант 1

I. Какие из утверждений соответствуют следствиям из термодинамического закона Гесса:

- 1) тепловой эффект реакции (ТЭР) равен теплотам образования исходных веществ;
- 2) ТЭР равен сумме теплот образования продуктов реакции за вычетом суммы теплот образования исходных веществ;
- 3) ТЭР равен сумме теплот образования исходных веществ за вычетом суммы теплот образования продуктов реакции;
- 4) ТЭР равен сумме теплот образования исходных веществ за вычетом суммы теплот сгорания продуктов реакции;
- 5) ТЭР равен сумме теплот сгорания исходных веществ за вычетом суммы теплот образования продуктов реакции?

II. При каких значениях константы равновесия  $K$  процесс идет в прямом направлении:

- 1)  $K < 10^{-4}$
- 2)  $K < 1$
- 3)  $10^{-4} < K < 1$
- 4)  $K > 1$  ?
- 5)  $K = -1$ ?

III. Число степеней свободы в системе, состоящей из насыщенного раствора сульфата лития, его кристаллов и паров воды, равно:

- 1) 0
- 2) 3
- 3) 1
- 4) 2
- 5) 4.

IV. Эквивалентная электропроводность раствора с его разбавлением (уменьшением концентрации):

- 1) уменьшается;
- 2) увеличивается до предельного значения;
- 3) сначала уменьшается, а затем увеличивается до предельного значения;
- 4) уменьшается до предельного значения;
- 5) не изменяется.

V. Антиоксидант снижает скорость процессов окисления благодаря:

- 1) уменьшению теплоты реакции;
- 2) повышению энергии активации;
- 3) понижению энергии активации;
- 4) повышению теплоты реакции

5) понижению энергии диссоциации.

VI. Вещество, на поверхности которого могут накапливаться различные компоненты, это –

1) адсорбат; 2) адсорбтив; 3) адсорбент; 4) сорбтив; 5) абразив.

VII. Дисперсная система, в которой дисперсная фаза - газ, а дисперсионная среда - жидкость, называется:

1) эмульсией; 2) аэрозолем; 3) гелем; 4) суспензией; 5) пеной.

VIII. С повышением концентрации добавляемого к золю электролита толщина двойного электрического слоя (ДЭС) начнет:

1) увеличиваться; 2) уменьшаться; 3) не изменится;

4) сначала увеличиваться, а потом уменьшаться;

5) сначала уменьшаться, а потом увеличиваться.

IX. Какой электролит-коагулянт быстрее разрушит золь  $ZnS$ , полученный в избытке  $ZnCl_2$ :

1)  $NH_4NO_3$ ; 2)  $NaCl$ ; 3)  $K_2S$ ; 4)  $Na_3PO_4$ ; 5)  $FeCl_3$  ?

X. Какому явлению соответствует данное определение «выделение ВМС из раствора под влиянием электролита называется»:

1) синерезисом; 2) коацервацией; 3) солубилизацией; 4) коагуляцией; 5) высаливанием?

### Вариант 2

I. Используя для ответа приведенную энергетическую диаграмму, находим, что тепловой эффект реакции  $A + B \rightarrow B$  равен:

1) 150 кДж

4) 50 кДж

2) 100 кДж

5) 125 кДж

3) 150 кДж



#### *Ход реакции*

II. Какие из утверждений соответствуют второму началу термодинамики:

1) энтропия – приведенная теплота процесса;

2) энтропия – мера свободной энергии при постоянном давлении;

3) энтропия – мера свободной энергии при постоянном объеме;

4) энтропия – часть теплоты, которую можно превратить в работу;

5) энтропия – мера информации о состоянии системы.

III. Число степеней свободы в системе, состоящей из кристаллов бромидов калия и натрия и их насыщенных растворов, равно:

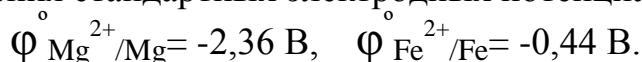
- 1) 1      2) 2      3) 3      4) 0      5) 4.

IV. Электродвижущая сила в электрохимической цепи

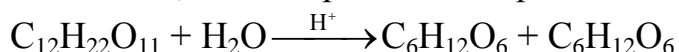


- 1) -2,80 В      3) 2,36 В      5) 1,92 В.  
2) -1,92 В      4) 2,80 В

Значения стандартных электродных потенциалов



V. Установлено, что для реакции гидролиза сахарозы



порядок на единицу ниже ее молекулярности. Порядок реакции равен:

- 1) 1,5      2) 2      3) 3      4) 0      5) 1.

VI. Дисперсная система, в которой и дисперсная фаза, и дисперсионная среда - жидкости, называется:

- 1) аэрозолем; 2) эмульсией; 3) гелем; 4) суспензией; 5) пеной.

VII. Вещество, на поверхности которого могут накапливаться различные компоненты, называется:

- 1) адсорбат; 2) адсорбтив; 3) абразив; 4) сорбтив; 5) адсорбент.

VIII. Какой из электролитов быстрее разрушит золь AgI, полученный в избытке AgNO<sub>3</sub>:

- 1) KCl; 2) KNO<sub>3</sub>; 3) Na<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>; 4) K<sub>2</sub>S; 5) NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> ?

IX. Укажите дисперсную систему в следующем наборе:

- 1) KCl; 2) Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> · 10 H<sub>2</sub>O; 3) майонез; 4) сахар; 5) масло.

X. Какое из свойства отсутствует у истинных растворов полимеров:

- 1) термодинамическая устойчивость; 2) набухание; 3) гомогенность;  
4) большая поверхностная энергия; 5) способность к диализу?

### Вариант 3

I. Критерий самопроизвольного протекания процесса – это:

- 1) повышение энтропии системы;  
2) повышение энтальпии;  
3) понижение свободной энергии;

- 4) повышение свободной энергии;
- 5) повышение энтальпии и понижение энтропии системы.

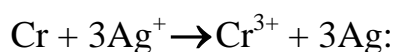
II. Число степеней свободы в системе, состоящей из кристаллов фторидов калия и кальция, их насыщенных растворов и паров воды, равно:

- 1) 1
- 2) 3
- 3) 2
- 4) 0
- 5) 4.

III. При разбавлении раствора электролита средний коэффициент активности:

- 1) стремится к нулю;
- 2) стремится к единице;
- 3) стремится к бесконечности;
- 4) не меняется.

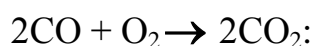
IV. Чему равно электродвижущая сила в электрохимической цепи



- 1) 0,06 В
- 2) +0,86 В
- 3) -1,54 В
- 4) +1,54 В
- 5) +3,14 В ?

Значения стандартных электродных потенциалов хрома и серебра равны соответственно -0,74 В и +0,80 В.

V. Какое из выражений определяет зависимость скорости реакции  $V$  от концентрации  $C$  реагирующих веществ и константы скорости  $K$  реакции



- 1)  $V = K C_{\text{CO}} * C_{\text{O}_2}^2$
- 2)  $V = 2K C_{\text{CO}}^2 * C_{\text{O}}$
- 3)  $V = K C_{\text{CO}}^2 * C_{\text{O}}^2$
- 4)  $V = 2K C_{\text{CO}}^2 * C_{\text{O}_2}^2$
- 5)  $V = K C_{\text{CO}}^2 * C_{\text{O}_2} ?$

VI. Укажите полярный адсорбент в ряду следующих веществ:

- 1) глина;
- 2) порошок какао;
- 3) сажа;
- 4) полистирол;
- 5) активированный уголь.

VII. Дисперсная система, в которой и дисперсная фаза, и дисперсионная среда - жидкости, называется:

- 1) аэрозолем;
- 2) эмульсией;
- 3) гелем;
- 4) суспензией;
- 5) пеной.

VIII. При сливании очень разбавленных растворов  $\text{NH}_4\text{Cl}$  и  $\text{AgNO}_3$  образуется коллоидный раствор (гидрозоль) следующего вещества:

- 1)  $\text{NH}_4\text{OH}$ ;
- 2)  $\text{HCl}$ ;
- 3)  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ;
- 4)  $\text{AgCl}$ ;
- 5)  $\text{NH}_4\text{Cl}$ .

IX. Изменится ли и во сколько раз осмотическое давление золя, если радиус его частиц увеличится в 3 раза:

- 1) не изменится;
- 2) уменьшится в 9 раз;
- 3) уменьшится в 27 раз;
- 4) увеличится в 27 раз;
- 5) увеличится в 9 раз.

X. Назовите процесс, присущий только растворам высокомолекулярных соединений:

- 1) седиментация;
- 2) диффузия;
- 3) пептизация;
- 4) набухание;
- 5) коагуляция.