

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«КАМЧАТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «КамчатГТУ»)

НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР «ЭКОЛОГИЯ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ»

Кафедра «Экология и природопользование»

УТВЕРЖДАЮ

руководитель департамента ПБТ

 /В. Б. Чмыхалова/

«23» 10 2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«ФИЗИЧЕСКАЯ И КОЛЛОИДНАЯ ХИМИЯ»

направление подготовки

19.03.04 Технология и продукции и организация общественного питания
(уровень бакалавриата)

направленность (профиль):

«Технология и продукции и организация общественного питания»

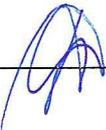
Петропавловск-Камчатский,
2024

Рабочая программа по дисциплине «Физическая и коллоидная химия» составлена на основании ФГОС ВО направления подготовки 19.03.04 «Технология и продукции и организация общественного питания».

Составитель рабочей программы:

Доцент кафедры ЭП, к.х.н.  Ляндзберг Р.А.

Рабочая программа рассмотрена на заседании кафедры ЭП
«25» 10 2024 г., протокол № 5/1

И.о. заведующий кафедрой
«23» 10 2024 г.  Авдоценко В.Г.

1 Цели и задачи учебной дисциплины

Целью освоения дисциплины «Физическая и коллоидная химия» является овладение студентами теоретическими основами физической и коллоидной химии, техникой лабораторных исследований.

Задачи изучения дисциплины:

- дать знания по общетеоретическим вопросам физической и коллоидной химии;
- выработать химическое мышление на основе теоретических представлений, законов и понятий физической и коллоидной химии;
- научить технике обращения с веществом, реактивами, приборами и установками;
- привить навыки экспериментальной работы, закрепить и углубить на практике полученные теоретические знания;
- способствовать развитию опыта самостоятельной научно-исследовательской работы, навыков наблюдения, обобщения и обработки экспериментальных данных;
- научить пользованию специальной химической литературой.

2 Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование общепрофессиональной компетенции:

– способен применять основные законы и методы исследований естественных наук для решения задач профессиональной деятельности (ОПК-2).

Планируемые результаты освоения практики, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы, представлены в таблице.

Таблица – Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с установленными в программе бакалавриата индикаторами достижения компетенций

Код компетенции	Наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемый результат обучения по дисциплине	Код показателя освоения
ОПК-2	способен применять основные законы и методы исследований естественных наук для решения задач профессиональной деятельности	ИД-1 _{ОПК-2} : Знает основные законы и закономерности математических, физических, химических и биологических наук и их взаимосвязи. ИД-2 _{ОПК-2} : Умеет решать профессиональные задачи с применением основных законов математических, физических,	Знать: – физико-химические свойства вещества и материалов различных агрегатных состояний и при различной степени дисперсности;	3(ОПК-2)1
			– основные условия, влияющие на кинетику и направленность процессов в физико-химических системах;	3(ОПК-2)2
			– современные методы и приборы, позволяющие регулировать протекание физико-химических процессов в веществах и материалах.	3(ОПК-2)3
			Уметь:	

Код компетенции	Наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемый результат обучения по дисциплине	Код показателя освоения
		химических и биологических наук.	<ul style="list-style-type: none"> – выбирать необходимые физико-химические методы воздействия на материалы и вещества (обрабатываемое сырьё) для достижения требуемых результатов с наибольшей эффективностью; – правильно регулировать скорость и направление различных физико-химических процессов в веществах и материалах; – обосновать выбор и использование современных приборов и материалов для достижения требуемых результатов. 	У(ОПК-2)1
			<ul style="list-style-type: none"> – правильно регулировать скорость и направление различных физико-химических процессов в веществах и материалах; – обосновать выбор и использование современных приборов и материалов для достижения требуемых результатов. 	У(ОПК-2)2 У(ОПК-2)3
			<p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> – навыками работы с едкими веществами и другими химическими соединениями; – навыками проведения химических опытов методом полумикроанализа; – навыками составления отчета по проделанной работе. 	В(ОПК-2)1 В(ОПК-2)2 В(ОПК-2)3

3 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Учебная дисциплина «Физическая и коллоидная химия» является дисциплиной обязательной части в структуре образовательной программы.

4. Содержание дисциплины

4.1 Тематический план дисциплины

Очная форма обучения

Наименование разделов и тем	Всего часов	Аудиторные занятия	Контактная работа по видам учебных занятий			Самостоятельная работа	Формы текущего контроля	Итоговый контроль знаний по дисциплине
			Лекции	практические занятия	Лабораторные работы			
5 семестр								
Раздел 1. Строение вещества	27	20	8	-	12	7	Тест	

Тема 1: Строение вещества и химическая связь							Опрос, выполнение и защита лабораторной работы, выполнение практ. заданий, тест	
	27	20	8	-	12	7		
Раздел 2. Химическая термодинамика	25	18	6	-	12	7	Тест	
Тема 2: Первое и второе начало термодинамики. Понятие об энтропии.							Опрос, выполнение и защита лабораторной работы, выполнение практ. заданий, тест	
	25	18	6	-	12	7		
Раздел 3. Фазовое равновесие							Контрольная работа	
	27	20	8	-	12	7		
Тема 3: Понятие о компонентах, фазах, однокомпонентные и многокомпонентные системы.							Опрос, выполнение и защита лабораторной работы, выполнение практ. заданий	
	27	20	8	-	12	7		
Раздел 4. Химическая кинетика	29	22	10	-	12	7	Тест	
Тема 4: Основные законы кинетики. Понятие о гомогенных и гетерогенных реакциях. Типы катализа.							Опрос, выполнение и защита лабораторной работы, выполнение практ. заданий, тест	
	29	22	10	-	12	7		
Экзамен								36
Всего	144	80	32	-	48	28		
6 семестр								

Раздел 5. Основные свойства коллоидных систем	25	12	6	-	6	13	Тест	
Тема 5: Классификация коллоидных систем, их отличие от истинных растворов.							Опрос, выполнение и защита лабораторной работы, выполнение практ. заданий, тест	
	25	12	6	-	6	13		
Раздел 6: Поверхностные явления	21	8	4	-	4	13	Тест	
Тема 6: Процессы на границе раздела двух фаз. Адсорбция, коагуляция коллоидных растворов.							Опрос, выполнение и защита лабораторной работы, выполнение практ. заданий, тест	
	21	8	4	-	4	13		
Раздел 7: Микрогетерогенные системы	26	12	6	-	6	14	Контрольная работа	
Тема 7: Полуколлоиды. Классификация микрогетерогенных систем, их свойства.							Опрос, выполнение и защита лабораторной работы, выполнение практ. заданий	
	26	12	6	-	6	14		
Экзамен								36
Всего	108	32	16	-	16	40		

4.2 Содержание дисциплины

5 семестр

Раздел 1. Строение вещества

Тема 1: Строение вещества и химическая связь

Лекция

Основные методы физической химии, ее роль в химическом образовании студентов технологических специальностей. Учение о строение вещества. Модели атомов Томсона, Резерфорда, Бора. Дуализм электрона. Соотношение неопределенности Гейзенберга.

Лекция

Строение атомов и молекул. Ковалентная связь в свете ТВС, современные теории химической связи.

Лекция

Полярная и неполярная химическая связь, донорно-акцепторная и водородная связь. Молекулярные спектры и межмолекулярное взаимодействие (силы Ван-дер-Ваальса).

Лекция

Поляризация молекул. Мольная рефракция. Определения мольной рефракции по Максвеллу, идентификация органических веществ по их мольной рефракции.

Лабораторные работы

Лабораторная работа. Введение в практикум, техника безопасности. Определение рефракции

Определение плотности исследуемых веществ с помощью пикнометров. Определение коэффициентов преломления исследуемых веществ на рефрактометре Аббе. Расчет экспериментального значения рефракции. Идентификация исследованных веществ.

Лабораторная работа. Фотоколориметрия

Определение оптической плотности буферных растворов с добавкой фенолфталеина в зависимости от pH среды при помощи фотоколориметра. Расчет степени диссоциации индикатора, определение константы диссоциации индикатора.

Литература: [1], [2], [5]

Раздел 2. Химическая термодинамика

Тема 2: Первое и второе начало термодинамики. Понятие об энтропии

Лекция

Понятие системы. Гомогенная, гетерогенная система. Изолированная, закрытая и открытая система. Состояние системы. Параметры системы. Термодинамические функции. Внутренняя энергия. Энтропия. Энтальпия. Энергия Гиббса. Энергия Гельмгольца. Первое начало термодинамики и следствия из него.

Лекция

Понятие об энтропии. Самопроизвольные процессы. Понятие об энергии Гиббса. Направление химических реакций. Химический потенциал и общие условия равновесия систем. Термодинамическая теория химического сродства.

Лекция

Применение второго начала термодинамики к химическим процессам. Расчет вероятности протекания химических реакций в различных условиях по величине их изобарно-изотермического потенциала.

Лабораторные работы

Лабораторная работа. Поляриметрия

Определение угла вращения плоскости поляризации растворов на поляриметре. Расчет величины удельного вращения исследованных растворов. Построение калибровочного графика и определение концентрации в контрольном растворе.

Лабораторная работа. Потенциометрия

Определение водородного показателя растворов слабых и сильных электролитов с помощью pH-метра со стеклянным электродом. Расчет степени диссоциации электролитов, определение зависимости степени диссоциации от концентрации и температуры. Определение степени гидролиза солей в зависимости от концентрации и температуры. Расчет констант диссоциации и гидролиза для исследованных веществ.

Литература: [1], [3], [4]

Раздел 3. Фазовое равновесие

Тема 3: Понятие о компонентах, фазах, однокомпонентные и многокомпонентные системы

Лекция

Свойства растворов, как многокомпонентных систем. Равновесия в однокомпонентных системах. Термодинамические свойства растворов. Правило Гиббса.

Лекция

Равновесия в двухфазных двухкомпонентных системах, способы выражения концентрации растворов. Расчеты по определению концентрации растворов.

Лекция

Состав пара растворов. Законы Коновалова. Три типа двухкомпонентных систем. Перегонка двухкомпонентных смесей, азеотропные смеси.

Лекция

Основные факторы равновесия. Равновесия в трехкомпонентных системах. Химическое равновесие. Принцип Ле-Шателье.

Лабораторные работы

Лабораторная работа. Закон распределения

Определение оптической плотности растворов в системе йод – вода и йод – толуол. Построение калибровочных графиков для исследованных систем. Экстракция йода из системы йод – вода с помощью толуола и вычисление коэффициента распределения.

Лабораторная работа. Криометрия

Ознакомление с термометром Бекмана. Определение температуры замерзания растворителя. Приготовление растворов неэлектролита, слабого и сильного электролита, определение температуры их замерзания. Расчет молекулярной массы неэлектролита и степени диссоциации электролитов.

Литература: [1], [2], [3]

Раздел 4. Химическая кинетика

Тема 4: Основные законы кинетики. Понятие о гомогенных и гетерогенных реакциях. Типы катализа

Лекция

Формальная кинетика. Теории химической кинетики. Теория активации. Кинетика сложных, гомогенных, фотохимических, цепных и гетерогенных реакций.

Лекция

Гомогенный катализ. Ферментативный катализ. Адсорбция и гетерогенный катализ. Катализаторы обратного действия (ингибиторы). Принцип действия ингибиторов.

Лабораторные работы

Лабораторная работа. Определение константы скорости реакции

Приготовление рабочего раствора реагирующих веществ. Определение методом титрования количества молей исходных веществ, вступивших в реакцию за определенные промежутки времени. Расчет константы скорости реакции, построение графика зависимости концентраций исходных веществ от времени реакций.

Лабораторная работа. Определение изоэлектрической точки белков

Приготовление буферных смесей со стандартным значением рН. Внесение в буферные смеси растворов альбумина, желатина и казеина. Определение степени мутности полученных растворов в зависимости от времени выдержки.

Литература: [1], [2], [3]

6 семестр

Раздел 5. Основные свойства коллоидных систем

Тема 5: Классификация коллоидных систем, их отличие от истинных растворов

Лекция

Основы коллоидной химии. Дисперсные системы и их классификация. Система с жидкой и газообразной дисперсной средой. Золи. Суспензии. Эмульсии, пены и пасты.

Мицеллообразование. Общие свойства коллоидных систем. Оптические явления в дисперсных системах. Структурообразование в коллоидных системах.

Лекция

Виды устойчивости коллоидных систем. Термодинамические кинетические факторы агрегативной устойчивости. Методы получения коллоидных систем.

Диффузия, диализ, седиментация в дисперсных системах. Электрические свойства коллоидных систем – электрофорез и электроосмос.

Лекция

Светорассеяние в коллоидных системах. Конус Тиндаля. Явление опалесценции. Поглощение света в коллоидных системах. Использование оптических свойств коллоидов в аналитических методах.

Лабораторные работы

Лабораторная работа. Получение коллоидных систем

Получение гидрозолей методом механического диспергирования с добавкой понизителей твердости. Получение золь методом физической конденсации. Получение гидрозолей методом химической конденсации.

Лабораторная работа. Оптические свойства дисперсных систем

Приготовление рабочих суспензий различной степени мутности. Определение оптической плотности растворов с различной концентрацией дисперсной фазы. Анализ полидисперсных систем методом касательных.

Литература: [1], [5]

Раздел 6. Поверхностные явления

Тема 6: Процессы на границе раздела двух фаз. Адсорбция, коагуляция коллоидных растворов.

Лекция

Поверхностная энергия на границе раздела фаз. Термодинамика поверхностных явлений. Адсорбция. Адсорбция на гладких поверхностях и пористых адсорбентах. Поверхностно-активные вещества и адсорбция.

Лекция

Смачивание и капиллярные явления. Поверхностное натяжение. Капиллярная конденсация. Адгезия и смачивание. Смачивание твердых тел. Уравнение Фрейндлиха. Ионнообменная адсорбция.

Лабораторные работы

Лабораторная работа. Коагуляция коллоидных растворов

Приготовление золь гидроксида железа. Коагуляция золь гидроксида железа растворами электролитов различной концентрации. Расчет величины порога коагуляции для исследованных электролитов.

Литература: [1], [5]

Раздел 7. Микрогетерогенные системы

Тема 7: Полуколлоиды. Классификация микрогетерогенных систем, их свойства

Лекция

Двойной электрический слой. Механизмы образования и строения двойного электрического слоя. Электрокинетические явления. Электрокинетический потенциал. Устойчивость дисперсных систем. Коагуляция золь. Лиотропные ряды электролитов. Стабилизация коллоидов.

Лекция

Виды микрогетерогенных систем их общие свойства. Роль седиментации в устойчивости микрогетерогенных систем. Мыла и поверхностно-активные вещества.

Синтетические моющие средства. Классификация микрогетерогенных систем по размерам частиц.

Лекция

Методы анализа микрогетерогенных систем. Суспензии, их стабилизация. Эмульсии 1-ого и 2-ого типа. Стабилизация и разрушение эмульсий. Виды аэрозолей, методы борьбы с аэрозолями.

Вязкость коллоидных систем. Динамическая и кинематическая вязкость. Постулат Ньютона. Зависимость вязкости от концентрации и температуры. Структурная вязкость.

Белки как коллоидные системы. Структура белков, их амфотерность. Изoeлектрическая точка белков. Высаливание белков из водных растворов. Коацервация белков. Роль коацерватов в теории о зарождении жизни.

Лабораторные работы

Лабораторная работа. Вязкость коллоидных растворов

При помощи вискозиметра ВПЖ-2 определить вязкость раствором гидроксида железа и желатина различной концентрации при комнатной температуре. Повторить определение при температуре 50°C. Рассчитать величину кинематической вязкости растворов и определить ее зависимость от концентрации и температуры.

Лабораторная работа. Очистка коллоидных систем

Приготовить солевой раствор белка и провести его очистку методом диализа при различных температурах. Провести очистку с использованием электродов и постоянного тока. Сравнить степень и скорость очистки различными методами, сделать вывод об их эффективности.

Литература: [1], [5]

5 Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы обучающихся

5.1. Внеаудиторная самостоятельная работа студентов

В целом внеаудиторная самостоятельная работа студента при изучении курса включает в себя следующие виды работ:

- проработка (изучение) материалов лекций;
- чтение и проработка рекомендованной основной и дополнительной литературы;
- подготовка к лабораторным занятиям;
- поиск и проработка материалов из Интернет-ресурсов, научных публикаций;
- подготовка к защите лабораторных работ;
- подготовка к тестированию, контрольным работам;
- подготовка к текущему и итоговому (промежуточная аттестация) контролю знаний по дисциплине.

Основная доля самостоятельной работы студентов приходится на подготовку к лабораторным работам и их защите, тематика которых полностью охватывает содержание курса. Самостоятельная работа по подготовке к лабораторным работам и их защите предполагает умение работать с первичной информацией.

Самостоятельная работа по всем разделам дисциплины:

Работа с конспектом лекций и рекомендованной литературой (основная и дополнительная).

Подготовка материалов к контрольному опросу по изученным темам, лабораторным занятиям, тестовым проверкам знаний, защите лабораторных работ, написанию контрольных работ, диалогам с преподавателем и участниками проверки знаний по разделам дисциплины.

6 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине «Физическая и коллоидная химия» представлен в приложении к рабочей программе дисциплины и включает в себя:

- перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы;
- описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания;
- типовые контрольные задания или материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций;
- методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

Вопросы для проведения промежуточной аттестации по дисциплине (5 семестр)

1. Основные методы физической химии.
2. Учение о строении вещества.
3. Модели атомов Томсона, Резерфорда, Бора. Дуализм электрона.
4. Строение атомов и молекул.
5. Ковалентная связь в свете ТВС.
6. Разновидности химической связи.
7. Донорно-акцепторная и водородная связь.
8. Молекулярные спектры и межмолекулярное взаимодействие.
9. Поляризация молекул, мольная рефракция.
10. Основы химической термодинамики.
11. Первое начало термодинамики, понятие об энтропии.
12. Второе начало термодинамики, понятие об энтропии.
13. Применение второго начала термодинамики к химическим процессам.
14. Фазовые равновесия и учения о растворах, однокомпонентные системы.
15. Двухкомпонентные системы, концентрация растворов.
16. Состав пара растворов.
17. Законы Коновалова.
18. Основы электрохимии, электролитическая диссоциация.
19. Растворы электролитов.
20. Слабые и сильные электролиты.
21. Нормальные электродные потенциалы металлов. Ряд напряжений.
22. Законы электролиза, соперничество электронов при электролизе.
23. Основы химической кинетики.
24. Теория активации.
25. Гомогенный и гетерогенный катализ.

Вопросы для проведения промежуточной аттестации по дисциплине (6 семестр)

1. Основы коллоидной химии.
2. Общие свойства коллоидных систем.
3. Виды устойчивости коллоидных систем.
4. Методы получения коллоидных систем.
5. Диффузия и седиментация коллоидных систем.
6. Диализ коллоидных систем.
7. Оптические свойства коллоидных систем.

8. Двойной электрический слой, его строение.
9. Электрокинетический потенциал, его связь с устойчивостью коллоидных систем.
10. Микрогетерогенные системы, их общие свойства.
11. Полуколлоиды, ПАВ, мыла, СМС.
12. Вязкость коллоидных растворов и ВМС.
13. Белки как коллоидные системы.

7 Рекомендуемая литература

7.1 Основная литература

1. Белик В.В. Физическая и коллоидная химия: учебник. — М.: Академия, 2005. — 288 с. (30 экз.)

7.2 Дополнительная литература

2. Ипполитов Е.Г. Физическая химия: учебник. — М.: Академия, 2005. — 448 с. (30 экз.)
3. Общая химия. Биофизическая химия. Химия биогенных элементов: Учебник/ Под ред. Ю.А. Ершова. — М.: Высшая школа, 2000. — 560 с. (11 экз.)
4. Соколов Р.С. Химическая технология: учеб. пособие. Т.1. — М.: Владос, 2000. — 368 с. (4 экз.)
5. Коровин Н.В. Общая химия: учебник. — М.: Высшая школа, 2000. — 558 с. (64 экз.)

8 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Журнал «Химия и Жизнь - XXI век» [Электронный ресурс]. — URL: <http://www.hij.ru>

Мир химии [Электронный ресурс]. — URL: <http://chemistry.narod.ru>

Экспериментальная химия [Электронный ресурс]. — URL: <http://www.chemexperiment.narod.ru/framechem1.html>

9 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Методика преподавания дисциплины предполагает чтение лекций, проведение лабораторных занятий, групповых и индивидуальных консультаций по отдельным вопросам дисциплины. Предусмотрена самостоятельная работа студентов, а также прохождение аттестационных испытаний промежуточной аттестации.

На лекциях рассматриваются концептуальные вопросы физической и коллоидной химии: строение вещества и химическая связь, химическая термодинамика, фазовое равновесие, химическая кинетика, свойства коллоидных систем, поверхностные явления, микрогетерогенные системы.

Целью проведения лабораторных занятий является закрепление теоретических знаний студентов, полученных ими в ходе изучения дисциплины на лекциях и самостоятельно. Занятия лабораторного типа включают в себя следующие этапы: изучение теоретической части лабораторной работы; конспектирование хода выполнения лабораторной работы и проведение ее экспериментальной части; выполнение необходимых расчетов; оформление отчета о проделанной работе; защита лабораторной работы. Для подготовки к занятиям лабораторного типа и защиты выполненных лабораторных работ студенты выполняют проработку методических указаний по выполнению лабораторной работы, уделяя особое внимание целям и задачам, теоретической части и порядку выполнения лабораторной работы; конспектирование источников; работу с конспектом лекций, просмотр рекомендуемой литературы.

При изучении дисциплины используются интерактивные методы обучения, такие как:

1. Лекция:

– лекция-визуализация – подача материала осуществляется средствами технических средств обучения с кратким комментированием демонстрируемых визуальных материалов (презентаций).

2. Лабораторное занятие:

– тренинг – метод обучения и развития способностей к овладению деятельностью проведения химических лабораторных исследований. Интенсивная работа во время тренинга помогает достичь высоких результатов за короткий срок, а последующая система после тренингового сопровождения обеспечивает надежное закрепление материала

– работа в малых группах – обеспечивает активную познавательную деятельность обучающихся, предусматривает распределение обязанностей между ними, исполнительную и организаторскую инициативу, актуализацию, как опыта самостоятельной деятельности, так и совместной работы по выполнению лабораторных работ, что согласуется с реалиями профессиональной деятельности будущих специалистов.

10 Курсовой проект (работа)

Выполнение курсового проекта (работы) не предусмотрено учебным планом.

11 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационно-справочных систем

11.1 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса

– электронные образовательные ресурсы, представленные в п. 8 рабочей программы;
– использование слайд-презентаций;
– интерактивное общение с обучающимися и консультирование посредством электронной почты.

11.2 Перечень программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса

При освоении дисциплины используется лицензионное программное обеспечение:

- операционные системы Astra Linux (или иная операционная система, включенная в реестр отечественного программного обеспечения);
- комплект офисных программ Р-7 Офис (в составе текстового процессора, программы работы с электронными таблицами, программные средства редактирования и демонстрации презентаций);
- программа проверки текстов на предмет заимствования «Антиплагиат».

11.3 Перечень информационно-справочных систем

– справочно-правовая система Консультант-плюс <http://www.consultant.ru/online>
– справочно-правовая система Гарант <http://www.garant.ru/online>

12 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используется учебная аудитория 6-519 либо другие согласно утвержденному расписанию учебных занятий.

При проведении лабораторных работ используется лаборатория общей и неорганической химии 6-505 на 16 посадочных мест; классная доска; вытяжной шкаф;

баня водяная; плитка электрическая; инструменты (штативы, держатели для пробирок тигельные щипцы); лабораторная посуда (бюретки, спиртовки; капельницы, тигли); химические реактивы; периодическая таблица Д.И. Менделеева.

Для самостоятельной работы обучающихся используется кабинеты 6-522; оборудован комплектом учебной мебели, двумя компьютерами с доступом в информационно-телекоммуникационную сеть «Интернет» и в электронную информационно-образовательную среду организации.

При изучении дисциплины используется библиотечный фонд КамчатГТУ: учебники, учебные пособия, периодические журналы, электронный ресурс; раздаточный материал.

Дополнения и изменения в рабочей программе

Дополнения и изменения в рабочей программе за ____/____ учебный год

В рабочую программу по дисциплине «Физическая и коллоидная химия» для направления подготовки 19.03.04 «Технология и продукции и организация общественного питания» вносятся следующие дополнения и изменения:

Дополнения и изменения внес _____
(должность, Ф.И.О., подпись)

Рабочая программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры _____
«__» _____ 202__ г.

Заведующий кафедрой _____ (подпись) _____ (Ф.И.О.)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«КАМЧАТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «КамчатГТУ»)

Научно-образовательный центр «Экология и природопользование»
Кафедра «Экология и природопользование»

УТВЕРЖДАЮ
Руководитель департамента
«Пищевые биотехнологии»
_____ В.Б. Чмыхалова
«23» _____ 10 2024 г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
по дисциплине

«ФИЗИЧЕСКАЯ И КОЛЛОИДНАЯ ХИМИЯ»

направление подготовки
19.03.04 Технология продукции и организация общественного питания

направленность (профиль):
«Технология продукции и организация общественного питания»

Петропавловск-Камчатский,
2024

Составитель фонда оценочных средств

Доцент кафедры «Экология и природопользование», к.б.н.



Авдощенко В.Г.

Фонд оценочных средств рассмотрен на заседании кафедры «Экология и природопользование»
«23» 10 2024 г., протокол № 5/1

И.о. заведующего кафедрой «Экология и природопользование»

«23» 10 2024 г.



Авдощенко В.Г.

АКТУАЛЬНО НА

2025/2026 учебный год



(подпись)

Авдощенко В.Г.

2026/2027 учебный год

(подпись)

Авдощенко В.Г.

1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы

Схема формирования компетенций ОПК-2 в процессе освоения образовательной программы 19.03.04 Технология продукции и организация общественного питания									
Код дисциплины из УП	Наименование дисциплины (в соответствии с УП)	1 семес тр	2 семес тр	3 семес тр	4 семес тр	5 семес тр	6 семес тр	7 семес тр	8 семес тр
ОПК-2 способность применять основные законы и методы исследований естественных наук для решения задач профессиональной деятельности									
Б1.О.10	Математика	Э	диф з	Э					
Б1.О.11	Физика	диф з	Э						
Б1.О.12	Биология	зачет							
Б1.О.13	Основы общей и неорганической химии	Э	Э						
Б1.О.14	Введение в технологию продуктов питания		диф з						
Б1.О.15	Аналитическая химия и физико-химические методы анализа			зачет	Э				
Б1.О.16	Органическая химия			зачет	Э				
Б1.О.17	Биохимия					Э			
Б1.О.18	Физическая и коллоидная химия					Э	Э		
Б1.О.19	Пищевая химия						диф з		
Б1.О.24	Физико-химические основы и общие принципы переработки продуктов питания				Э				
Б1.О.26	Пищевая микробиология						Э		
Б2.О.01.02(Н)	Научно-исследовательская работа (получение первичных навыков научно-исследовательской работы)				диф з				
Б3.01	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы								Защита ВКР

Таблица 1 – Паспорт ФОС

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции или ее части	Наименование оценочного средства
Раздел 1. Строение вещества		
Тема 1: Строение вещества и химическая связь	ОПК-2	Опрос: 3(ОПК-2)1 Выполнение и защита лаб. работ:

		3(ОПК-2)1, У(ОПК-2)1, В(ОПК-2)1, В(ОПК-2)1, Практич. зад.: У(ОПК-2)2, В(ОПК-2)2 Тест: 3(ОПК-2)1
Раздел 2. Химическая термодинамика		
Тема 2: Первое и второе начало термодинамики. Понятие об энтропии.	ОПК-2	Опрос: 3(ОПК-2)2 Выполнение и защита лаб. работ: 3(ОПК-2)2, У(ОПК-2)1, В(ОПК-2)1, В(ОПК-2)1 Практич. зад.: У(ОПК-2)2, В(ОПК-2)2 Тест: 3(ОПК-2)2
Раздел 3. Фазовые равновесия		
Тема 3: Понятие о компонентах, фазах, однокомпонентные и многокомпонентные системы.	ОПК-2	Опрос: 3(ОПК-2)1, 3(ОПК-2)1 Практич. зад.: У(ОПК-2)2; В(ОПК-2)2
Раздел 4. Химическая кинетика		
Тема 4: Основные законы кинетики. Понятие о гомогенных и гетерогенных реакциях. Типы катализа.	ОПК-2	Опрос: 3(ОПК-2)2 Выполнение и защита лаб. работ: 3(ОПК-2)2, У(ОПК-2)1, В(ОПК-2)1, В(ОПК-2)1 Практич. зад.: У(ОПК-2)2, В(ОПК-2)2 Тест: 3(ОПК-2)2
Раздел 5. Основные свойства коллоидных систем		
Тема 5: Классификация коллоидных систем, их отличие от истинных растворов	ОПК-1 ПК-5	Опрос: 3(ОПК-2)1 Выполнение и защита лаб. работ: 3(ОПК-2)1, У(ОПК-2)1, В(ОПК-2)1, В(ОПК-2)1 Практич. зад.: У(ОПК-2)1, У(ОПК-2)2, В(ОПК-2)2 Тест: 3(ОПК-2)1
Раздел 6. Поверхностные явления		
Тема 6: Процессы на границе раздела двух фаз. Адсорбция, коагуляция коллоидных растворов.	ОПК-1 ПК-5	Опрос: 3(ОПК-2)2 Выполнение и защита лаб. работ: 3(ОПК-2)2, У(ОПК-2)1, В(ОПК-2)1, В(ОПК-2)1 Практич. зад.: У(ОПК-2)2, В(ОПК-2)2 Тест; 3(ОПК-2)2
Раздел 7. Микрогетерогенные системы		
Тема 7: Полуколлоиды. Классификация микрогетерогенных систем, их	ОПК-1 ПК-5	Опрос: 3(ОПК-2)1 Практич. зад.: У(ОПК-2)1, У(ОПК-2)2, В(ОПК-2)2

свойства.		
-----------	--	--

2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

2.1 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования

Код компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине	Критерии оценивания результатов обучения*				
		1	2	3	4	5
ОПК-2 способность применять основные законы и методы исследований естественных наук для решения задач профессиональной деятельности	Знать: современные методы и приборы, позволяющие регулировать протекание физико-химических процессов в веществах и материалах.	Неудовлетворительная оценка результатов обучения. Отсутствие знаний. Данный результат указывает на несформированность порогового уровня знаний	Слабо ориентируется в понятийном аппарате, не понимает содержание основных физической и коллоидной химии, как фундаментальной области знаний	Дает основные понятия физической и коллоидной химии. Знает основные законы, принципы и методологию общей и неорганической химии как науки	Понимает содержание физической коллоидной химии, как фундаментальной области знаний	Обучающийся знает понятия, основные законы, принципы и методологию физической и коллоидной химии как науки.
	Уметь: обосновать выбор и использование современных приборов и материалов для достижения требуемых результатов.	Неудовлетворительная оценка результатов обучения. Отсутствие умений. Данный результат указывает на несформированность порогового уровня умений	Неудовлетворительная оценка результатов обучения. Фрагментарные умения.	Удовлетворительная оценка результатов обучения. Несистематическое использование знаний.	Удовлетворительная оценка результатов обучения. Определенные пробелы в умении использовать соответствующие знания.	Удовлетворительная оценка результатов обучения. Сформированное умение использовать полученные знания
	Владеть: проведения химических опытов методом полумикроанализа.	Неудовлетворительная оценка результатов обучения. Отсутствие навыков. Данный результат указывает на несформированность порогового уровня навыков.	Неудовлетворительная оценка результатов обучения. Фрагментарные навыки.	Удовлетворительная оценка результатов обучения. В целом успешное, но не систематическое применение навыков.	Удовлетворительная оценка результатов обучения. В целом успешное, но содержащее определенные пробелы применения навыков.	Удовлетворительная оценка результатов обучения. Успешное и систематическое применение навыков.

- *1 - Неудовлетворительная оценка результатов обучения. Отсутствие знаний, умений, навыков. Данный результат указывает на несформированность порогового уровня знаний, умений, навыков.
- 2 - Неудовлетворительная оценка результатов обучения. Фрагментарные знания, умения, навыки.
- 3 - Удовлетворительная оценка результатов обучения. Несистематическое использование знаний, умений, навыков.
- 4 - Удовлетворительная оценка результатов обучения. Определенные пробелы. В целом, успешное использование знаний, умений, навыков.
- 5 - Удовлетворительная оценка результатов обучения. Успешное и систематическое применение знаний, умений, навыков

2.2 Описание шкал оценивания

Формы контроля	Шкала оценивания
устный опрос	<p>Оценка «отлично»: ответы на поставленные вопросы излагаются четко, логично, последовательно и не требуют дополнительных пояснений, делаются обоснованные выводы, демонстрируются глубокие знания теоретических вопросов, соблюдаются нормы литературной речи.</p> <p>Оценка «хорошо»: ответы на поставленные вопросы излагаются систематизировано и последовательно, материал излагается уверенно, демонстрируется умение анализировать материал, однако не все выводы носят аргументированный и доказательный характер, соблюдаются нормы литературной речи, обучающийся демонстрирует хороший уровень освоения материала.</p> <p>Оценка «удовлетворительно»: допускаются нарушения в последовательности изложения ответов на поставленные вопросы, демонстрируются поверхностные знания вопроса, имеются затруднения с выводами, допускаются нарушения норм литературной речи.</p> <p>Оценка «неудовлетворительно»: материал излагается непоследовательно, сбивчиво, не представляет определенной системы знаний по дисциплине, имеются заметные нарушения норм литературной речи, обучающийся допускает существенные ошибки в ответах на вопросы, не ориентируется в понятийном аппарате.</p>
индивидуальные устные опросы по разделам дисциплины	<p>Оценка «отлично»: ответы на поставленные вопросы по разделу излагаются четко, логично, последовательно и не требуют дополнительных пояснений, делаются обоснованные выводы, демонстрируются глубокие знания теоретических вопросов, соблюдаются нормы литературной речи.</p> <p>Оценка «хорошо»: ответы на поставленные вопросы по разделу излагаются систематизировано и последовательно, материал излагается уверенно, демонстрируется умение анализировать материал, однако не все выводы носят аргументированный и доказательный характер, соблюдаются нормы литературной речи, обучающийся демонстрирует хороший уровень освоения материала.</p> <p>Оценка «удовлетворительно»: допускаются нарушения в последовательности изложения ответов на поставленные по разделу вопросы, демонстрируются поверхностные знания вопросов, изученных в данном разделе, имеются затруднения с выводами, допускаются нарушения норм литературной речи.</p> <p>Оценка «неудовлетворительно»: материал излагается непоследовательно, сбивчиво, не представляет определенной системы знаний по разделу дисциплины, имеются заметные нарушения норм литературной речи, обучающийся допускает существенные ошибки в ответах на вопросы, не ориентируется в понятийном аппарате.</p>
решение заданий в тестовой форме	<p>Для оценивания результатов тестирования возможно использовать следующие критерии оценивания:</p> <ul style="list-style-type: none"> - правильность ответа или выбора ответа. - скорость прохождения теста. - наличие правильных ответов во всех проверяемых темах (дидактических единицах) теста,

	<p>Общее количество вопросов принимается за 100%, оценка выставляется по значению соотношения правильных ответов к общему количеству вопросов в процентах.</p> <p>Оценка «отлично» - 85–100% правильных ответов; Оценка «хорошо» - 70–84% правильных ответов; Оценка «удовлетворительно» - 55–69% правильных ответов; Оценка «неудовлетворительно» - 54% и менее правильных ответов;</p>
выполнение практических заданий	<p>Оценка «отлично» выставляется обучающемуся, чей результат анализа ситуации оказался наиболее всесторонним, чье решение или расчет оказался наиболее продуманным, логичным и предусматривающим большее количество альтернативных вариантов решений;</p> <p>Оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, использовавшему методику или инструмент анализа с незначительными нарушениями, чей расчет имеет незначительные погрешности;</p> <p>Оценка «удовлетворительно» выставляется каждому обучающемуся, чей расчет имеет нарушения, но в целом задание выполнено, анализ проведен поверхностно, в том числе с нарушением методики его проведения;</p> <p>Оценка «неудовлетворительно» выставляется каждому обучающемуся, если анализ проведен в нарушение методики его проведения, результаты не обоснованы, не сделаны выводы, расчет произведен с грубыми нарушениями и не соответствует поставленной задаче.</p>
экзамен	<p>Оценка «отлично» выставляется, если обучающийся показывает всесторонние и глубокие знания программного материала, знание основной и дополнительной литературы; последовательно и четко отвечает на вопросы билета и дополнительные вопросы; уверенно ориентируется в проблемных ситуациях; демонстрирует способность применять теоретические знания для анализа практических ситуаций, делать правильные выводы, проявляет творческие способности в понимании, изложении и использовании программного материала; подтверждает полное освоение компетенций, предусмотренных программой.</p> <p>Оценка «хорошо» выставляется, если обучающийся показывает полное знание программного материала, основной и дополнительной литературы; дает полные ответы на теоретические вопросы, допуская некоторые неточности; правильно применяет теоретические положения к оценке практических ситуаций; демонстрирует хороший уровень освоения материала и в целом подтверждает освоение компетенций, предусмотренных программой.</p> <p>Оценка «удовлетворительно» выставляется, если обучающийся показывает знание основного материала в объеме, необходимом для предстоящей профессиональной деятельности; при ответе на вопросы не допускает грубых ошибок, но испытывает затруднения в последовательности их изложения; не в полной мере демонстрирует способность применять теоретические знания для анализа практических ситуаций, подтверждает освоение компетенций, предусмотренных программой на минимально допустимом уровне.</p> <p>Оценка «неудовлетворительно» выставляется, если обучающийся имеет существенные пробелы в знаниях основного учебного материала по разделу; не способен аргументировано и последовательно его излагать, допускает грубые ошибки в ответах, неправильно отвечает на задаваемые преподавателем вопросы или затрудняется с ответом; не подтверждает освоение компетенций, предусмотренных программой.</p>

Итоговое оценивание обучающегося по дисциплине «Физическая и коллоидная химия»

Для оценки качества подготовки студента по дисциплине в целом составляется рейтинг – интегральная оценка результатов всех видов деятельности студента, осуществляемых в процессе ее изучения.

Промежуточная аттестация проводится по окончании изучения дисциплины во время зачетно-экзаменационной сессии, в соответствии с рабочим учебным планом по направлению подготовки – в форме экзамена.

Преподаватель на вводной лекции (первом занятии) знакомит обучающихся группы с программой учебной дисциплины, порядком определения количества ЗЕ, графиком, формами и процедурой прохождения текущего контроля, а также примерными вопросами для подготовки к промежуточной аттестации.

Промежуточная аттестация – это форма контроля теоретических знаний, полученных студентом в процессе изучения всей учебной дисциплины или ее части, и умения их применять в практической деятельности. Он должен учитывать выполнение студентом всех видов работ, предусмотренных программой дисциплины, в том числе самостоятельную работу, участие в семинарах.

Показатели, критерии оценки сформированности компетенции, шкала оценивания результатов освоения компетенций по уровням освоения представлены в таблице.

Уровень освоения	Критерии освоения	Показатели и критерии оценки сформированности компетенции	Шкала оценивания (традиционная оценка)
Продвинутый	<i>Компетенции сформированы.</i> Демонстрируется высокий уровень самостоятельности, высокая адаптивность практического навыка	Теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено на «отлично». Обучаемый демонстрирует способность к полной самостоятельности (допускаются консультации с преподавателем по сопутствующим вопросам) в выборе способа решения неизвестных или нестандартных заданий в рамках учебной дисциплины с использованием знаний, умений и навыков , полученных как в ходе освоения данной учебной дисциплины, так и смежных дисциплин.	«отлично»
Базовый	<i>Компетенции сформированы.</i> Демонстрируется достаточный уровень самостоятельности устойчивого практического навыка	Теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальной оценкой, некоторые виды заданий выполнены с несущественными ошибками. Качество выполнения заданий оценено преимущественно на «хорошо». Способность обучающегося продемонстрировать самостоятельное применение знаний, умений и навыков при решении заданий, аналогичных тем, которые представлял преподаватель при потенциальном формировании компетенции, подтверждает наличие сформированной компетенции, причем на более высоком уровне	«хорошо»
Пороговый	<i>Компетенции сформированы.</i> Демонстрируется	Теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки	«удовлетворительно»

	недостаточный уровень самостоятельности практического навыка	работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые из выполненных заданий, возможно, содержат ошибки. Качество выполнения заданий оценено преимущественно на «удовлетворительно». Если обучаемый демонстрирует самостоятельность в применении знаний, умений и навыков к решению учебных заданий в полном соответствии с образцом, данным преподавателем, по заданиям, решение которых было показано преподавателем, следует считать, что компетенция сформирована, но ее уровень недостаточно высок.	
Низкий	Компетенции не сформированы Демонстрируется отсутствие или фрагментарное наличие самостоятельности и практического навыка	Теоретическое содержание курса не освоено, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом не сформированы, выполненные учебные задания содержат грубые ошибки. Неспособность обучаемого самостоятельно продемонстрировать наличие знаний при решении заданий, которые были представлены преподавателем вместе с образцом их решения, отсутствие самостоятельности в применении умения к использованию методов освоения учебной дисциплины и неспособность самостоятельно проявить навык повторения решения поставленной задачи по стандартному образцу свидетельствуют об отсутствии сформированной компетенции.	«неудовлетворительно»

3. Типовые контрольные задания или материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

3.1. Задания для оценивания результатов обучения в виде знаний

Контрольные вопросы к защите лабораторной работы «Рефракция»

1. Что называется поляризацией?
2. Какие различают виды поляризации?
3. Какая связь между частотой электрического поля и видами поляризации?
4. Что называется мольной рефракцией?
5. В чем заключается свойство аддитивности мольной рефракции?
6. Как с помощью рефрактометрического метода можно определить строение вещества?

Контрольные вопросы к защите лабораторной работы «Фотокolorиметрия»

1. Какие вещества могут быть использованы в качестве индикаторов?
2. Почему окраска индикаторов зависит от pH ?
3. Что называется зоной и точкой перехода индикатора?
4. На чем основано определение константы диссоциации индикатора?
5. Каким способом определяется степень диссоциации индикатора?
6. На каком законе основан метод абсорбционной спектроскопии?

Контрольные вопросы к защите лабораторной работы «Поляриметрия»

1. Какой световой поток называют поляризованным?

2. Какие вещества называются оптически активными?
3. Что такое удельное вращение?
4. Каков принцип действия поляриметра?
5. Каким образом с помощью поляриметра можно определить концентрацию раствора?

Контрольные вопросы к защите лабораторной работы «Определение константы скорости химической реакции»

1. Что называют скоростью химических реакций?
2. Приведите общую формулу кинетического уравнения для скорости химических реакций.
3. Что такое константа скорости химических реакций, от чего она зависит?
4. Что такое порядок, молекулярность реакции?
5. Приведите уравнения обеих стадий реакции йодирования ацетона.
6. Каким образом можно определить константу скорости реакции?

Контрольные вопросы к защите лабораторной работы «Получение коллоидных растворов»

1. Каковы основные методы получения коллоидных систем и на чем они основаны?
2. Каким образом осуществляется диспергирование веществ до коллоидных размеров?
3. Охарактеризуйте физические конденсационные методы получения коллоидных систем.
4. Охарактеризуйте химические конденсационные методы получения коллоидных систем.
5. Что такое мицеллы? Приведите состав и строение мицеллы золя гидроксида железа (III) в растворе.
6. Что такое пептизация?

Контрольные вопросы к защите лабораторной работы «Оптические свойства дисперсных систем»

1. Как обнаруживают светорассеяние в дисперсных системах?
2. Чем обусловлено светорассеяние в грубодисперсных и коллоидных системах?
3. От каких параметров и каким образом зависит интенсивность рассеянного света?
4. В основе каких методов изучения дисперсных систем лежит светорассеяние?
5. В чем сущность нефелометрии?
6. Чем обусловлена мутность природных вод?

Контрольные вопросы к защите лабораторной работы «Коагуляция коллоидных растворов»

1. Что называется коагуляцией коллоидов?
2. Какие факторы определяют устойчивость коллоидных растворов?
3. В чем заключается коагулирующее действие электролитов?
4. Что такое лиотропные ряды электролитов?
5. В чем сущность правила Шульце–Гарди?
6. Какие существуют методы защиты коллоидных систем от коагуляции?

Тестовые задания

Тестовые задания по физической химии

1 Почему связь между молекулами N_2 на 100% обусловлена дисперсионным взаимодействием, а между молекулами H_2O на 71% ориентационным взаимодействием и только на 19 % дисперсионным эффектом:

- А) , потому что N_2 - газ, а H_2O при комнатной температуре жидкость;
Б), потому что молекулы N_2 неполярны, а молекулы H_2O сильно полярны;
в) , потому что молекулы N_2 участвуют в беспорядочном тепловом движении, а движение молекул H_2O упорядочено;
Г), потому что молекулы N_2 сильнее взаимодействуют друг с другом, чем молекулы H_2O .

2 Почему молекулы CO и N_2 так близки по своим свойствам (энергии связи, температуре плавления и т.д.)?

- А) , потому что обе молекулы неполярны;

- Б), потому что CO и N₂ при комнатной температуре являются газами;
В) , потому что в молекулах одинаковое число связей;
Г), потому что оба вещества мало активны и неохотно вступают в химические реакции.

3 Найти теплоту образования C₂H₂, если теплота его сгорания равна 311 ккал/моль, а теплоты образования CO₂ и H₂O равны, соответственно, 94 и 68 ккал/моль.

- А) .-149 ккал/моль Б). 74,5 ккал/моль
В) . -55 ккал/моль Г). 55 ккал/моль
С)

4 Рассчитать к.п.д. тепловой машины, получающей пар при 150°C и выпускающей его при 95°C

- А) . 57,9% Б). 13%
В) . 14,9% Г). 36,66%
С)

6 Переход теплоты от холодного тела к горячему является процессом:

- А) . Не самопроизвольным; Б), самопроизвольным при высокой температуре;
В) , самопроизвольным в изолированной системе; Г), невозможным ни при каких условиях.

7 Реакция CS₂ + 3O₂ → CO₂ + 2 SO₂ + Q пойдет в прямом направлении при:

- А) , повышении температуры; Б), понижении температуры;
В) , повышении давления; Г), применении катализатора.

8 Рассчитать равновесную температуру реакции 2H₂ + O₂ → 2H₂O, если ΔH = - 68 ккал/моль, ΔS = -16,8

кал моль • град

- А). 4.05° С Б). 4048К В). 100° С Г). 373 К

8 Как изменится скорость прямой реакции 2 N₂ + 5 O₂ → 2N₂O₅, если увеличить давление реагирующей смеси в 2 раза?

- А), возрастает в 128 раз; Б), возрастает в 10 раз; В), остается прежним; Г), возрастает в 40 раз.

9. Число степени свободы у однокомпонентной системы в тройной точке:

- А), три; Б), две; В), одна; Г), ни одной.

с) С увеличением давления температура плавления льда:

- с) , уменьшается;
д) , меняется в разные стороны в зависимости от давления;
Б), увеличивается; Г), не меняется.

10 Растворимость CO₂ в воде гораздо выше, чем у O₂ потому что:

- д) .молекулярная масса CO₂ больше, чем у кислорода;
Б), температура плавления CO₂ намного выше, чем у кислорода;
е) . CO₂ взаимодействует с водой, а кислород - нет;
Г), молекулы CO₂ полярны.

11 Рассчитать мольные доли глюкозы и воды в 45 % водном растворе глюкозы.

- А). 0,45 и 0,55 Б). 0,075 и 0,925 В). 0,15 и 0,85 Г). 0,225 и 0,775

12 Найти осмотическое давление раствора, содержащего в 1 л 18,4 г глицерина C₂H₈O₃ при 20°C.

- А). 0,48 атм Б). 1,2 атм В). 4,8 атм Г). 9,6 атм

13 Изотопический коэффициент 0,1 н раствора FeCl₃ (α — 0.6) равен:

- А). 2,8 Б). 1,6 В). 3,2 Г). 1,4

14 Коэффициент активности для сильных электролитов при разбавлении:

- А), стремится к 1 Б), стремится к 0 В), не меняется
Г), характеризует только слабые электролиты.

15 Удельная электропроводимость растворов электролитов с ростом их концентрации:

- Д) , уменьшается; Б), увеличивается;
Е) , не меняется; Г), имеет максимум в области больших концентраций.

Тестовые задания по коллоидной химии

1 При электролизе раствора BaCl_2 на электродах будут выделяться:

- С) , на катоде Ba, на аноде Cl_2 Б), на катоде H_2 , на аноде O_2
Д) , на катоде H_2 , на аноде Cl_2 Г), на катоде Ba, на аноде O_2

2 При повышении температуры количество адсорбированных частиц на границе раздела фаз.

- С) , не меняется; Б), увеличивается;
Д) , уменьшается; Г), зависит от природы адсорбированных частиц.

3 Для коллоидной системы, полученной по реакции $\text{FeCl}_3 + \text{NaOH}$ (изб) наилучшим коагулятором будут ионы.

- А). SO_4^{2-} Б). Al^{3+} В). $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$ Г). Ca^{+2}

4 В тонкодисперстных коллоидных системах диффузия

- А), слабая Б), интенсивная В). Отсутствует Г), зависит от заряда частиц.

5. Какое значение универсальной газовой постоянной R является неверным?

- А) . 0,082 л·атм/град.моль Б). 62400 мм рт.ст.мл/град.моль
В) . 8,31 дж/град.моль Г). 6240 мм рт.ст.мл/град.моль

6. Реакция $\text{A} + 2\text{B} = \text{C}$ имеет в начальный момент $[\text{A}] = 1,2$ моль/л, $[\text{B}] = 2,5$ моль/л,

$22\text{K} = 0,3$. вычислить скорость реакции,

- А). $0,9 \text{ моль}^2/\text{л}^2$ Б). $2,25 \text{ моль}^2/\text{л}^2$ В). $9 \text{ моль}^2/\text{л}^2$ Г). 1,8 молы/л²

7. Какой объем 12 % раствора KOH ($\rho = 1,1$ г/мл) можно приготовить из 2 л 44% раствора KOH ($\rho = 1,46$ г/мл)?

- А). 9,73 л Б). 10,7 л В). 7,33 л Г). 14,66 л

24. Определить температуру замерзания 10% водного раствора сахарозы $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ ($K_{\text{кр}}$ для воды равна

$1,87^\circ\text{C}$)

- А). $0,61^\circ\text{C}$ Б). $-0,61^\circ\text{C}$ В). $-0,54^\circ\text{C}$ Г). $-1,08^\circ\text{C}$

8. Вязкость коллоидных растворов зависит от (укажите неправильный ответ):

- А) , концентрации раствора; Б), температуры раствора
, заряда коллоидных частиц Г), структуры коллоидных частиц.

3.2. Задания для оценивания результатов обучения в виде умений (У) и навыков (владений) (В)

Практические задания

Практические задания по физической химии

1. Два органических вещества имеют брутто- формулу $2\text{C}, 6\text{H}, \text{O}$. Сосчитать их мольную рефракцию и дать структурные формулы, если значения инкрементов рефракции:

Атомы и связи	H	C	О гидроксильный	О карбоксильный	О эфирный	C=C	C≡C
R, см ³ /г-атом	1,10	2,42	1,53	2,21	1,64	1,73	2,40

- Поляризация молекул в электрическом поле, её составляющие.
- Рассчитать энергию решетки KCl по Борну и Капустинскому, если $r_{KCl}=1,98\text{г/см}^3$, $r_K^+=1,33\text{А}^0$ и $r_{Cl}=1,81\text{А}^0$.
- Вещество с брутто- формулой $7C$, $8H$ имеет мольную рефракцию $30,95\text{ см}^3/\text{г-моль}$. Определить структурную формулу вещества.
- Основные положения донорно- акцепторной и водородной связи /с примерами/.
- Полярная и неполярная химическая связь, дипольный момент молекул /с примерами/.
- Почему связь между молекулами N_2 на 100% обусловлена дисперсионным взаимодействием, а между молекулами H_2O на 77% ориентационным взаимодействием и только на 19% – дисперсионным эффектом.
- Почему молекулы CO и N_2 так близки по своим свойствам (E связи, температура плавления и т.д.)
- Основные положения теории молекулярных орбиталей.
- С помощью схемы молекулярных орбиталей изобразить строение молекулы CO и написать её электронный паспорт.
- Дать определение понятию «система». Открытая, закрытая, изолированная, гомогенная и гетерогенная системы.
- Внутренняя энергия, теплота, работа.
- Дать три формулировки 1 начала термодинамики.
- Написать уравнение 1 начала термодинамики, показать, какие величины, входящие в него, зависят от пути процесса.
- Дать выражение теплоты изохорного и изобарного процессов.
- Формулировка закона Гесса /с примером термохимической реакции/.
- Зависимость теплового эффекта реакции от температуры. Уравнение Кирхгофа.
- Что называется теплотой образования и сгорания. Привести примеры реакций.
- Найти теплоту образования C_2H_2 , если теплота его сгорания равна $310,6\text{ ккал/моль}$, а теплоты образования CO_2 и H_2O равны соответственно, 94 и $68,3\text{ ккал/ моль}$. Сделать вывод об устойчивости C_2H_2 .
- Почему в термохимических уравнениях встречаются дробные коэффициенты. Привести примеры.
- Дать определения самопроизвольным, не самопроизвольным, обратимым и необратимым процессам /с примерами/.
- Дать формулировки 2-го начала термодинамики Клаузиуса, Томсона и Оствальда. Доказать их эквивалентность.
- Показать на примере тепловой машины невозможность достижения абсолютного нуля температур.
- Показать, что из 2-го начала термодинамики выводится энтропия, как функция состояния /принцип Каратеодори/.
- Рассчитать к.п.д. машины Карно, получающей пар при 150^0C и выпускающей его при 95^0C .
- К газу при круговом процессе подведено 160 кДж теплоты. Термический к.п.д. машины равен $0,22$. Определить работу цикла и количество теплоты, отданное теплоприемнику.
- Как меняется энтропия в обратимом и необратимом процессах?
- Дать статистическое толкование энтропии/принцип Больцмана/.
- Изобразить графически зависимость изменения энтропии вещества при его нагревании и переходе от твердого в жидкое и газообразное состояние.

30. Энергия Гельмгольца и Гиббса, связь между ними.
31. Понятие о равновесии. Устойчивое, метастабильное, неустойчивое равновесие, условия равновесия.
32. Константы равновесия, связь между K_p и K_c .
33. Рассчитать равновесную температуру реакции:
 $2\text{H}_2 + \text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O}$, если $\Delta H = -68,3$ ккал/моль, $\Delta S = -16,8$ ккал/моль *град
34. Не пользуясь табличными данными, определить знак ΔG и направление следующих реакций:
 $2\text{KClO}_3 \leftrightarrow 2\text{KCl} + 3\text{O}_2 \quad \Delta H < 0$
 $7\text{O}_2 + 2\text{Cl}_2 \leftrightarrow 2\text{Cl}_2\text{O}_7 \quad \Delta H > 0$
 $\text{CS}_2 + 3\text{O}_2 \leftrightarrow \text{CO}_2 + 2\text{SO}_2 \quad \Delta H < 0$
35. Уравнение изотермы Вант-Гоффа для химической реакции при постоянном объеме.

Практические задания по коллоидной химии

1. Уравнение изотермы Вант-Гоффа для химической реакции при постоянном давлении.
2. Химическое сродство, принцип Бертелло, граница его применимости.
3. Принцип Ле-Шателье, примеры его применения при изменении концентрации, температуры, давления.
4. Возможность протекания экзо- и эндотермических процессов с точки зрения изменения энергии Гиббса.
5. Граничные пределы энергии Гиббса для обратимых процессов. Условия равновесия.
6. Факторы, влияющие на скорость химических реакции. Закон действия масс, физический смысл K скорости.
7. Реакция $\text{A} + 2\text{B} = \text{C}$ имеет в начальный момент $\text{A} = 1,2$ моль/л, $\text{B} = 2,5$ моль/л, $K = 0,3$. Вычислить скорость реакции в начальный момент и после того, как прореагирует 60% вещества A .
8. Молекулярность и порядок реакции. Реакции 1 и 2 порядка.
9. Типы сложных реакций /с примерами/.
10. Что такое период полураспада и как он зависит от начальной концентрации веществ для реакций 1 и 2 порядка.
11. Особенности цепных реакций /с примерами/.
12. Влияние T на скорость реакций, теория активации.
13. Реакции $\text{J}_2 \rightarrow 2\text{J}$ период полураспада J_2 равен 10 мин., определить время, необходимое для разложения 99% J_2 .
14. Механизм гомогенного катализа с примерами
15. Основные положения гетерогенного катализа. На каком явлении он основан.

4. Перечень вопросов к промежуточной аттестации 5 семестр

1. Основные методы физической химии.
2. Учение о строении вещества.
3. Модели атомов Томсона, Резерфорда, Бора. Дуализм электрона.
4. Строение атомов и молекул.
5. Ковалентная связь в свете ТВС.
6. Разновидности химической связи.
7. Донорно-акцепторная и водородная связь.
8. Молекулярные спектры и межмолекулярное взаимодействие.
9. Поляризация молекул, молярная рефракция.
10. Основы химической термодинамики.
11. Первое начало термодинамики, понятие об энтропии.
12. Второе начало термодинамики, понятие об энтропии.
13. Применение второго начала термодинамики к химическим процессам.
14. Фазовые равновесия и учения о растворах, однокомпонентные системы.
15. Двухкомпонентные системы, концентрация растворов.

16. Состав пара растворов.
17. Законы Коновалова.
18. Основы электрохимии, электролитическая диссоциация.
19. Растворы электролитов.
20. Слабые и сильные электролиты.
21. Нормальные электродные потенциалы металлов. Ряд напряжений.
22. Законы электролиза, соперничество электронов при электролизе.
23. Основы химической кинетики.
24. Теория активации.
25. Гомогенный и гетерогенный катализ.

6 семестр

1. Основы коллоидной химии.
2. Общие свойства коллоидных систем.
3. Виды устойчивости коллоидных систем.
4. Методы получения коллоидных систем.
5. Диффузия и седиментация коллоидных систем.
6. Диализ коллоидных систем.
7. Оптические свойства коллоидных систем.
8. Двойной электрический слой, его строение.
9. Электрокинетический потенциал, его связь с устойчивостью коллоидных систем.
10. Микрогетерогенные системы, их общие свойства.
11. Полуколлоиды, ПАВ, мыла, СМС.
12. Вязкость коллоидных растворов и ВМС.
13. Белки как коллоидные системы.

5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

По дисциплине предусмотрены следующие формы контроля качества подготовки:

□ текущий (осуществление контроля за всеми видами аудиторной и внеаудиторной деятельности обучающегося с целью получения первичной информации о ходе усвоения отдельных элементов содержания дисциплины);

□ промежуточный (оценивается уровень и качество подготовки по конкретным разделам дисциплины).

□ контроль самостоятельной работы студента.

Результаты текущего и промежуточного контроля качества выполнения студентом запланированных видов деятельности по усвоению учебной дисциплины являются показателем качества работы обучающегося за время изучения дисциплины.

Итоговый контроль проводится в форме промежуточной аттестации – экзамена.

Текущий контроль успеваемости предусматривает оценивание хода освоения дисциплины, промежуточная аттестация обучающихся – оценивание результатов обучения по дисциплине, в том числе посредством испытания в форме экзамена.

Оценивание знаний, умений и навыков по учебной дисциплине «Физическая и коллоидная химия» осуществляется посредством использования следующих видов оценочных средств:

□ устные опросы;

□ индивидуальные устные опросы по разделам (модулям) дисциплины (промежуточный контроль знаний);

□ выполнение и защита лабораторных работ;

□ решение заданий в тестовой форме;

□ выполнение практических заданий;

□ экзамен.

Опросы

Устные опросы проводятся во время лабораторных занятий и при проведении промежуточного контроля знаний по разделам (модулям) дисциплины.

Вопросы опроса, проводимого во время лабораторных занятий, не должны выходить за рамки объявленной для данного занятия темы. Устные опросы необходимо строить так, чтобы вовлечь в тему обсуждения максимальное количество обучающихся в группе, проводить параллели с уже пройденным учебным материалом данной дисциплины и смежными курсами, находить удачные примеры из современной действительности, что увеличивает эффективность усвоения материала на ассоциациях. Основные вопросы для устного опроса доводятся до сведения студентов на предыдущем лабораторном занятии.

Индивидуальные устные блиц-опросы (по форме «вопрос-ответ») по разделам (модулям) дисциплины проводятся с целью определения степени усвоения теоретического материала и понятийного аппарата по всему разделу (модулю) дисциплины. Примерный перечень вопросов для индивидуального устного блиц-опроса представлены в рабочей программе дисциплины и доводятся до сведения студентов до начала курса.

При оценке опросов анализу подлежит точность формулировок, связность изложения материала, обоснованность суждений, опора на методические материалы.

Решение заданий в тестовой форме

Проводится периодически в течение изучения дисциплины. Каждому студенту отводится на тестирование по 1 минуте на каждое задание. Оценка результатов тестирования производится преподавателем, результат выдается немедленно по окончании теста, преподаватель комментирует правильные ответы. До окончания теста студент может еще раз просмотреть все свои ответы на задания и при необходимости внести коррективы. При прохождении тестирования пользоваться конспектами лекций, учебниками, и иными материалами не разрешено.

Выполнение практических заданий

Выполнение практических заданий осуществляется на лабораторных занятиях по предложенным преподавателям условиям. Задания выполняются индивидуально, при этом не запрещается обсуждение хода выполнения задания и результатов обучающимися. Результат докладывается одним из обучающихся, остальные обучающиеся могут предлагать иной вариант решения вопроса, при этом аргументируя свою точку зрения. Решение задач также обсуждается на практических занятиях.

Выполнение и защита лабораторных работ

Лабораторные работы проводятся в рамках тем (разделов), наиболее значимых в формировании практических (профессиональных) компетенций. Они выполняются индивидуально каждым обучающимся на основе разработанных методических указаний с использованием специального оборудования, аппаратуры и химических реактивов. На каждую лабораторную работу выделяется определенное количество часов, прописанное в рабочей программе дисциплины, в пределах которого обучающийся обязан ее выполнить. Лабораторные работы являются средством применения и реализации полученных обучающимся теоретических знаний, умений и навыков в ходе выполнения учебно-практической исследовательской задачи, связанной с получением конкретного значимого результата с помощью реальных средств деятельности. При выполнении лабораторных работ выявляются способности обучающегося получать новые знания в процессе практической деятельности, обобщать, систематизировать и фиксировать их.

Защита лабораторной работы проводится индивидуально каждым обучающимся после ее выполнения на основе письменного отчета при условии полного соблюдения требований к его оформлению. Защита работы проводится в виде опроса, который позволяет оценить умение и владение обучающегося излагать суть поставленной задачи, самостоятельно применять

стандартные методы решения поставленной задачи с использованием имеющейся лабораторной базы, проводить анализ полученного результата работы.

Экзамен

Промежуточная аттестация по дисциплине «Физическая и коллоидная химия» завершает изучение курса и проходит в виде экзамена. Экзамен проводится согласно расписанию зачетно-экзаменационной сессии. До экзамена не допускаются студенты, не сдавшие хотя бы одну из текущих аттестаций (индивидуальный устный блиц-опрос по разделу дисциплины). Экзамен может быть выставлен автоматически по результатам текущего и промежуточного контроля знаний и достижений, продемонстрированных студентом на лабораторных занятиях, при условии успешного выполнения самостоятельной работы. Фамилии студентов, получивших экзамен автоматически, объявляются в день проведения экзамена до начала промежуточной аттестации.

До начала экзамена все студенты группы размещаются в аудитории по одному человеку за столом. Экзамен принимает лектор. Время подготовки ответа при сдаче экзамена в устной форме должно составлять не менее 30 минут (по желанию обучающегося ответ может быть досрочным). Время ответа – не более 15 минут.

Проведение экзамена состоит из двух этапов:

1. Ответ на теоретические вопросы билета.
2. Ответ на дополнительные вопросы преподавателя по курсу дисциплины.

По итогам всех этапов и результатам текущей успеваемости выставляется итоговая отметка.

Преподаватель вправе повысить получившееся значение, основываясь на результатах текущей успеваемости студента и его работы на лабораторных занятиях. Таким образом, оценка знаний студента на экзамене носит комплексный характер и определяется его:

- ответом на экзамене;
- оценкой самостоятельной работы;
- оценками, полученными обучающимися по итогам выполнения и защиты, решением тестовых заданий, опросов и т.д.

Основой для определения оценки служит уровень усвоения обучающимися материала, предусмотренного рабочей программой. Результаты прохождения экзамена объявляются всей группе.

В случае неудовлетворительного результата испытания назначается день и время повторного (по графику ликвидации задолженностей). Присутствие посторонних лиц в ходе проведения аттестационных испытаний без разрешения ректора или проректора не допускается (за исключением работников университета, выполняющих контролирующие функции в соответствии со своими должностными обязанностями). В случае отсутствия ведущего преподавателя аттестационные испытания проводятся преподавателем, назначенным письменным распоряжением декана факультета.

Инвалиды и лица с ограниченными возможностями здоровья, допускаются на аттестационные испытания в сопровождении ассистентов-сопровождающих.

Камчатский государственный технический университет

Кафедра «Экология и природопользование»

Ляндзберг Р.А.

ФИЗИЧЕСКАЯ И КОЛЛОИДНАЯ ХИМИЯ

Лабораторный практикум для обучающихся
очной и заочной форм обучения

Петропавловск-Камчатский
2021

Рецензент:

Чмыхалова В.Б.

К.б.н., доцент, зав.кафедрой ТПП

ФГБОУ ВО «КамчатГТУ»

Ляндзберг Р.А.

Физическая и коллоидная химия: Лабораторный практикум для обучающихся очной и заочной форм обучения. – Петропавловск-Камчатский: Камчат-ГТУ, 2021. – 71 с.

Лабораторный практикум составлен в соответствии с требованиями к освоению основных образовательных программ подготовки бакалавров федеральных образовательных стандартов высшего образования. Содержит лабораторные работы, способствующие формированию у обучающихся общепрофессиональных компетенций.

Лабораторный практикум рассмотрен и утвержден на заседании учебно-методического совета КамчатГТУ (протокол № 4 от 01.12.2021 г.)

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
Обработка результатов лабораторных исследований	5
ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ ПО ФИЗИЧЕСКОЙ ХИМИИ	15
Рефракция	15
Фотоколориметрия	19
Поляриметрия	22
Определение константы скорости реакции	24
Закон распределения	28
Криометрия	31
Потенциометрия	35
ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ ПО КОЛЛОИДНОЙ ХИМИИ	40
Получение коллоидных систем	40
Оптические свойства дисперсных систем	44
Коагуляция коллоидных растворов	48
Вязкость коллоидных растворов	51
Очистка коллоидных систем	54
Определение изоэлектрической точки белка	58
Солубилизация в растворах поверхностно-активных веществ (ПАВ)	62
ЛИТЕРАТУРА	67
ПРИЛОЖЕНИЕ	68

ВВЕДЕНИЕ

Лабораторный практикум по физической и коллоидной химии делится на два достаточно обособленных цикла – лабораторные работы по физической химии и такие же работы по коллоидной химии. Поскольку указанные циклы проводятся раздельно в течение разных семестров, целесообразно приводить методические указания по лабораторным работам отдельно для физической и коллоидной химии.

Выполнение каждой лабораторной работы рассчитано на четыре часа учебных занятий, в течение которых студенты выполняют работу, оформляют ее результаты в виде отчета и сдают его преподавателю.

Для выполнения лабораторных работ по физической и коллоидной химии студенты должны обладать определенными экспериментальными навыками – уметь взвешивать на аналитических весах, измерять объемы жидкостей, проводить титрование, работать с приборами, используемыми в физико-химических исследованиях (рефрактометр, колориметр, поляриметр, потенциометр и рН-метр, криостат, ультразвуковой диспергатор, вискозиметр, диализатор и т. д.). Студенты должны уметь обобщать результаты измерений, определять относительную ошибку эксперимента, строить графики, выражающие характер изменений определяемых параметров, делать частные и общие выводы по результатам своих исследований.

ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ЛАБОРАТОРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Оценка погрешности измерений

Каждый результат измерения, независимо от того, на каком приборе и кем это измерение производилось, неизбежно сопряжен с большей или меньшей погрешностью. Во-первых, даже самые совершенные приборы позволяют получать искомый результат в лучшем случае только с присущей им точностью. Во-вторых, на одном и том же приборе различные экспериментаторы в зависимости от их опытности и индивидуальных качеств могут достигать различной степени точности. Если, кроме того, окончательная цель – получение величины, являющейся результатом вычислений по формуле, в которую входит несколько измеряемых различными приборами значений, то ошибки всех отдельных измерений отразятся на конечном результате. При этом влияние отдельных погрешностей может оказаться далеко не одинаковым. Так, например, при определении молекулярного веса растворенного вещества криометрическим путем наиболее резко на точности конечного значения отразится погрешность измерения температуры, так как здесь в формулу входит понижение температуры замерзания, являющееся малой разностью двух температур кристаллизации. Погрешности взвешивания скажутся гораздо меньше. Поэтому при использовании этого метода стараются измерять температуру возможно точнее и с этой целью пользуются специальными термометрами со шкалой, разделенной на сотые, а иногда и тысячные доли градуса (термометр Бекмана).

Умение правильно оценить погрешность результата является необходимым качеством хорошего экспериментатора. При пользовании таблицами логарифмов или при обычных арифметических подсчетах очень часто представляют конечное значение с излишним числом значащих цифр. Неверно, например, было бы указать в таблице, содержащей итоги измерений давления паров, сотые доли миллиметра, если известно, что примененный манометр не позволяет отсчитывать давление с точностью больше чем $\pm 0,5$ мм. При пользовании термометром, разделенным на $0,01$ град, в лучшем случае опытный глаз, вооруженный лупой, может сделать отсчет с точностью до $\pm 0,002$. Поэтому здесь нелепо выглядела бы запись температуры с точностью до десятиты-

сячных долей (например, $25,5734^\circ$), в то время как уже тысячные доли являются спорными.

Чтобы увеличить точность окончательного результата, обычно повторяют каждое измерение несколько раз, определенным образом обрабатывая полученный ряд цифр. Если бы можно было довести число таких повторных измерений *до очень большого*, то к погрешностям этих измерений можно было бы применить приемы теории вероятностей. Однако практически серии измерений редко состоят больше чем из 3–5 последовательных опытов, и поэтому к ним закон распределения погрешностей неприменим. Мы укажем здесь на более простые пути вычисления погрешностей, пригодные именно в тех случаях, когда число повторных результатов невелико.

Последовательность приемов должна быть следующей: прежде всего необходимо оценить точность измерений с помощью каждого из применимых приборов; отсюда может быть определена абсолютная погрешность каждого измерения; далее определяется относительная погрешность каждого измерения; наконец, анализ формулы, с помощью которой при подстановке отдельных значений вычисляется окончательный результат, приводит к оценке его точности.

Оценка точности отсчета на приборах

При оценке точности отсчета на приборах следует учесть как особенности шкалы самого инструмента, так и остроту и тренированность органов чувств наблюдателя. Так, на термометре со шкалой, разделенной на $0,1$ град, опытный глаз может допускать ошибку отсчета в $0,03$ град, менее опытный – гарантировать точность до $0,05$ град. Если шкала разделена на $0,01$ град, то точность отсчета соответственно повышается в десять раз при условии, что расстояния между черточками остались теми же (обычно около 1 мм). Точно так же следует оценивать точность отсчетов на шкалах электрических измерительных приборов (поляриметров, ФЭ-Ков, вольтметров и т. п.), на линейках и пр. При взвешивании точность может быть установлена проверкой чувствительности применяемых весов, калибром и качеством разновеса.

Во всех случаях, разумеется, должны быть исключены систематические ошибки, связанные с дефектами самого прибора. Так,

например, если в термометре разорван столбик ртути или в амперметре при отсутствии тока стрелка не стоит точно на нулевом делении, при любой точности отсчета результат будет содержать большую или меньшую постоянную ошибку. Такой прибор прежде всего нуждается в исправлении.

Определение абсолютной и относительной погрешности непосредственного измерения какой-нибудь величины

Абсолютной погрешностью Δa в определении какой-нибудь величины A является разница между приближенным числом a , полученным из опыта, и числом A , точно измеренным или взятым по справочным данным: $\Delta a = a - A$.

Относительной погрешностью называют отношение абсолютной погрешности к точному значению: $\frac{\Delta a}{A}$.

Относительная погрешность зависит от масштабов измеряемых величин. Представим себе, что с помощью вольтметра, шкала которого позволяет делать отсчет с точностью до 0,005 в, измеряют один раз напряжение в 1 в, другой раз в 0,1 в. В первом случае относительная погрешность будет равна 0,005(0,005/1), во втором – 0,05(0,005/0,1). Легко видеть, что именно относительная погрешность позволяет реально оценить точность измерения. В первом случае для поставленной цели прибор оказывается весьма совершенным, так как относительная погрешность составляет всего 0,5%. Во втором случае она оказывается равной 5%, что уже значительно хуже.

Выбор необходимой точности измерения

Когда относительные погрешности измерений отдельных величин с помощью имеющихся приборов определены, необходимо решить, с какой же точностью следует измерять каждое из входящих в расчетную формулу значений, чтобы конечный результат по точности отвечал нашим желаниям. Излишняя требовательность к измерениям отдельных величин может быть в такой же степени признаком неопытности экспериментатора, как и небрежное отношение к точности.

Полученные из опыта значения могут входить в расчетную формулу в самом различном виде: искомая величина может равняться их сумме или разности, их произведению или частному от деления друг на друга. Наконец, эти значения могут входить в уравнение под знаком логарифма или в какой-либо степени и т.д. В зависимости от этого влияние одних и тех же относительных погрешностей отдельных измерений на погрешность конечного результата будет неодинаковым.

Поясним это на примере.

При криометрическом измерении молекулярного веса M его значение находят по формуле:

$$M = K_{KP} \frac{\omega_2 \cdot 1000}{\omega_1 \cdot \Delta T_{зам}}$$

где K_{KP} – криоскопическая константа растворителя;

ω_2 – навеска растворенного вещества;

ω_1 – навеска растворителя;

$\Delta T_{зам}$ – наблюдаемое понижение температуры замерзания.

В этом случае величина M прямо или обратно пропорциональна отдельным величинам, входящим в формулу. Поэтому определенная процентная погрешность в каждой из них вызовет точно такую же (в %) погрешность в конечном значении. Наиболее неточным в нашем случае является определение $\Delta T_{зам}$, так как это малая разность двух отсчетов температуры. Значение $\Delta T_{зам}$ обычно колеблется в пределах 0,2 – 0,4 град. Отсчет на шкале термометра Бекмана, разделенного на сотые доли градуса, производят с точностью до $\pm 0,006$ град. Погрешность составляет $\frac{0,006}{0,3} \cdot 100 = 2\%$ измеряемой величины.

Чтобы не внести дополнительной погрешности, навески веществ следует брать с точностью на порядок большей, т. е. около 0,2%. При навеске около 0,3 г взвешивание нужно производить с точностью до 0,0005 г, а при навеске около 25 г – с точностью до 0,05 г.

Вычисление средних погрешностей серии измерений

Обычно при проведении какого-нибудь измерения не ограничиваются одним опытом, а проводят серию последовательных определений, воспроизводя в них, по возможности, одни и те же ус-

ловия. С увеличением числа отдельных измерений погрешность среднего значения теоретически уменьшается. При обсуждении полученной серии определений следует обратить прежде всего внимание на то, не наблюдается ли в образовавшемся столбце цифр какого-нибудь систематического «хода», т.е. не является ли каждое последующее по времени измерения значение большим или меньшим предыдущего. Наличие такого «хода» указывает на то, что измеряемая система меняется во времени (случаи измерения равновесий при еще не установившемся равновесном состоянии) или внешние условия систематически изменяются (например, температура окружающей среды растет), или в применяемых приборах происходят изменения (например, изменение сопротивления от нагревания и т.п.). В таких случаях, конечно, среднее значение теряет смысл. Если же отдельные данные в серии результатов беспорядочно отклоняются вверх и вниз от некоторого среднего значения, то эти отклонения следует считать результатом нормальных экспериментальных погрешностей и можно приступить к вычислению среднего значения и его погрешности.

Наиболее просто и естественно взять среднее арифметическое из всех чисел серии и принять его за действительное значение A . При этом *никогда не следует выбрасывать отдельные цифры только потому, что они сильнее других отклоняются в сторону*. Это можно сделать только в том случае, если плохое качество какого-нибудь из опытов заведомо известно экспериментатору. Поэтому при описании опытов всегда необходимо подробно отмечать все факторы, снижающие качество данного наблюдения, начиная с непостоянства температуры, перерыва в работе мешалки, прекращения подачи тока в середине измерения и кончая утомлением экспериментатора, плохим освещением шкалы и т.п.

Таким образом, если a_1, a_2, \dots, a_n представляет ряд n экспериментальных чисел, среднее арифметическое значение равно:

$$\alpha = \frac{a_1 + a_2 + a_3 + \dots + a_n}{n}.$$

Найдя значение α , вычисляют отклонения от среднего для каждого опыта:

$$\Delta a_1 = a_1 - \alpha, \Delta a_n = a_n - \alpha.$$

Правильность вычисления можно проверить, убедившись в том, что:

$$\Sigma \Delta a = \Delta a_1 + \Delta a_2 + \dots + \Delta a_n = 0.$$

Этот вывод следует из самого определения a . Если сумма отклонений в положительную сторону не погашается суммой отклонений в отрицательную, это значит, что в вычислениях допущена ошибка.

Для вычисления погрешности среднего значения применяют различные приемы. Наиболее правильно считать средней погрешностью среднее из всех отклонений, взятых в абсолютном значе-

нии (не учитывая их знака), т. е. $\Delta a = \frac{\sum \Delta a}{n}$.

Следует подчеркнуть, что *средняя погрешность указывает только на точность измерений, а не на их правильность*: опыты могут быть прекрасно выполнены и результаты их весьма близки, однако вся серия может содержать одну и ту же систематическую ошибку (разрыв нити термометра и т.д.). Об исключении таких систематических ошибок надо позаботиться заранее.

Выражение результатов физико-химических измерений в виде таблиц и графиков

Экспериментальные и полученные из них расчетные величины, представленные в виде таблиц, графиков или уравнений, оказываются более удобными для анализа и выявления некоторых закономерностей, чем беспорядочно записанные данные. В зависимости от назначения полученных результатов целесообразно применение одного из указанных способов или их сочетания.

Как правило, опытные данные сводят в таблицу, затем изображают графически и, наконец, представляют в виде уравнения.

Составление таблиц

Все измерения содержат по меньшей мере две переменные величины, одну из которых выбирают в качестве независимой (в опытах ее задают, аргумент x), а другая или другие являются зависимыми (функции y , z и т.д.).

В таблице аргумент и функции должны стоять в одной строке, каждая величина в своем столбце. Столбец должен иметь заголовок, указывающий название и единицу измерения приведенной

в нем величины. За независимую переменную принимают такие величины, как время, температуру, давление, концентрацию и т.п. При составлении таблицы значения аргумента и соответствующих функций располагают в порядке возрастания или убывания. При заполнении таблицы численные значения должны быть расположены так, чтобы запятые, отделяющие десятичные знаки, были расположены в каждом столбце на одной вертикали.

Каждое число в таблице должно содержать не больше и не меньше значащих цифр, чем позволяет точность опытных данных. Числа, полученные как среднее арифметическое из нескольких опытных данных или расчетным путем, следует округлить так, чтобы последняя цифра в числе была первой сомнительной цифрой. В целых числах цифры, следующие за первой сомнительной, заменяют нулями (например, скорость света в вакууме $c = 29\,979\,020\,000 \text{ см} \cdot \text{с}^{-1}$).

Правила округления чисел. При округлении чисел следует соблюдать следующие правила:

1. Если первая отбрасываемая цифра меньше пяти, то последнюю сохраняемую цифру оставляют неизменной (12,345 округляют до 12,3).

2. Если первая отбрасываемая цифра больше пяти или равна пяти, а последующие цифры больше нуля, то последнюю сохраняемую цифру увеличивают на единицу (12,367 округляют до 12,4; 12,356 – до 12,4).

3. Если отбрасываемая цифра равна пяти, и за ней следуют только нули, то число принято округлять до ближайшего четного значения (12,350 округляют до 12,4; 12,450 – до 12,4).

Интерполяция. Промежуточные значения функций y , отвечающие определенным значениям аргумента x в пределах данной таблицы, можно найти вычислением или графически.

В тех случаях, когда без большой погрешности можно считать, что функция y линейно изменяется между двумя соседними значениями x , для интерполяции используют метод пропорциональных частей. Функцию y , отвечающую данному значению аргумента x , лежащему между двумя табличными значениями x_1, y_1 и x_2, y_2 , вычисляют по формуле:

$$y = y_1 + \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} (x - x_1).$$

В общем случае более надежным является графический способ. По табличным данным вычерчивают на миллиметровой бумаге кривую, изображающую $y = f(x)$. По кривой можно без труда найти значение y , отвечающее любому значению x .

Экстраполяция. Нахождение значения y , отвечающего некоторому x , лежащему вне пределов опытных данных, может быть произведено графически и с помощью специальных методов. Точность такой экстраполяции невелика, однако часто этот способ оказывается единственно возможным. В таких случаях поступают по правилу, описанному в п. «Построение графиков».

Графическое изображение экспериментальных и расчетных данных облегчает сравнение величин, позволяет легко обнаружить наличие максимумов, минимумов, точек перегиба, наибольшей и наименьшей скорости изменения величин, периодичность или другие важные свойства. В таблицах эти особенности проявляются менее отчетливо. Наконец, с помощью графиков можно производить дифференцирование и интегрирование одних переменных относительно других, не зная математической формы представленной графически зависимости.

При построении графиков необходимо соблюдать несколько основных правил.

Выбор масштаба.

1. Значение независимой переменной (аргумента) откладывают, как правило, по оси абсцисс, функции – по оси ординат. На вопрос о том, какую из двух переменных величин считать независимой, отвечает обычно эксперимент. Если в ходе опыта значения одной из переменных устанавливают произвольно, а соответствующие значения других переменных являются при этом уже вполне определенными, то первая переменная и считается независимой. Общего правила для выбора аргумента быть не может.

2. Масштабы нужно выбирать так, чтобы координаты любой точки графика могли быть определены быстро и легко. Если на разграфленной в клетку бумаге (миллиметровой) расстояние между двумя главными соседними линиями разделено на десять равных частей, то наиболее удобно выбирать такой масштаб, в котором это расстояние принято за одну, две или пять единиц или эти значения умножены на $10 \pm n$, где n – целое число.

Масштаб, при котором чтение графика затруднено, не может

считаться приемлемым.

Не все линии координатной сетки должны быть надписаны; часто для чтения графика оказывается удобным надписывать линии через одну или несколько. Но какая бы система надписи обозначений ни была принята, она должна быть соблюдена на всем графике. Целесообразно, чтобы числа, проставленные на оси, содержали столько значащих цифр, сколько допускает точность данных или сколько можно прочесть по кривой. Для удобства пользования графиком необходимо проставить на каждой координатной оси название представляемой ею величины и единиц, в которых она измеряется (её размерность).

3. Масштабы следует выбрать так, чтобы погрешность измерений соответствовала погрешности на графике не более чем в одно–два наименьших деления масштаба. При выборе шкалы по оси координат нет необходимости обязательно начинать с нулевого значения, если это не вызвано специальными соображениями (экстраполяция и т. п.). В соответствии с этим правилом шкала для каждой переменной величины может начинаться с наименьшего округленного значения из совокупности данных или несколько ниже и кончаться наибольшим округленным значением или несколько выше.

4. В тех случаях, когда график предназначается для определения производных или коэффициентов уравнения, выражающего эту кривую, или экстраполяции полученной зависимости за пределы измерений, следует выбирать такую функциональную зависимость, чтобы линии получались «спрямленными», т.е. уменьшалась их кривизна.

5. Масштабы должны быть выбраны так, чтобы кривая, насколько это возможно, была наклонена к оси абсцисс под углом, близким к 45° .

При необходимости подчеркнуть характерные особенности в изменении функции (наличие максимума, минимума, точки перегиба и т. п.) следует относительно увеличить масштаб функции и уменьшить масштаб аргумента.

Проведение кривой через нанесенные точки.

1. Кривая должна быть плавной, с малым числом перегибов.

2. Кривая должна проходить настолько близко ко всем нанесенным точкам, однако необязательно через каждую отдельную точку, особенно через конечные, отвечающие измерени-

ям, точность которых часто оказывается меньшей, чем для остальных, так как они отвечают пределу точности инструмента или применяемого метода.

3. Обычно (хотя не всегда) кривая не должна содержать необъяснимых разрывов, самопересечений или других особенностей.

4. Если данные разбиты на небольшие группы, то примерно половина точек каждой группы должна лежать по одну сторону кривой, а половина – по другую сторону.

5. Если кривая предназначается для точного определения соответствующих значений x и y или для точного определения производных, то провести ее следует в виде возможно более тонкой линии.

РЕФРАКЦИЯ

1. Цель работы

Изучить рефрактометрический метод определения строения жидких органических веществ.

2. Задание

2.1. Определить плотность исследуемых веществ.

2.2. Определить коэффициенты преломления исследуемых веществ.

2.3. Вычислить экспериментальное значение молекулярной рефракции и сравнить полученную величину с вычисленной теоретически (по брутто-формуле вещества).

2.4. Определить строение исследуемых веществ.

2.5. Выводы, заключение.

3. Теоретическая часть

Изменения, которые претерпевают молекулы под действием на них внешнего электрического поля, называются поляризацией. Различают ориентационную, атомную и электронную поляризацию. Ориентационная поляризация представляет собой определенную ориентацию полярных молекул в пространстве в соответствии с направлением внешнего электрического поля. Под атомной поляризацией подразумевают смещение атомов, входящих в состав молекулы. При электронной поляризации происходит смещение электронов относительно ядер атомов данного вещества. Атомную и электронную поляризацию называют деформационной. Таким образом, общая поляризация

$$P = P_{\text{ориент.}} + P_{\text{атом.}} + P_{\text{эл.}} \quad (1)$$

В переменном электрическом поле с увеличением частоты колебаний сначала постепенно исчезает ориентационная поляризация (при частоте порядка 10^{10} герц), затем атомная поляризация (частота 10^{13} герц и более). Это объясняется тем, что относительно массивные молекулы и атомы не успевают, в силу своей инерционности, следовать за изменениями направления поля. Таким образом, при частотах 10^{15} герц (область видимого спектра) при

действию световых волн на молекулы возникает только электронная поляризация, которая называется мольной или молекулярной рефракцией (R_M).

Рассчитывают R_M по формуле:

$$R_M = \frac{n^2 - 1}{n^2 + 2} \cdot \frac{M}{\rho}, \text{ см}^3/\text{моль}, \quad (2)$$

где: n – показатель преломления вещества;

M – молекулярная масса вещества;

ρ – плотность вещества.

Определив экспериментально ρ и n и сосчитав M (по известной брутто-формуле), можно вычислить экспериментальное значение R_M .

Мольная рефракция обладает свойством аддитивности, т. е. она представляет собой сумму рефракций атомов, ионов, группировок, из которых состоит молекула, а также составляющих (инкрементов) двойных и тройных связей. Это позволяет (при известной брутто-формуле) рассчитывать теоретическое значение R_M , определять количество кратных связей и тем самым решать вопрос о строении молекул исследуемого вещества.

4. Порядок выполнения работы

4.1. Плотность растворов определяют с помощью пикнометров. Сухие пикнометры с пробками взвешивают на аналитических весах с точностью до 0,1 мг, затем наполняют их до метки исследуемыми жидкостями и вновь взвешивают. Выливают жидкости обратно в банки, тщательно высушивают пикнометры в сушильном шкафу, заполняют их до метки дистиллированной водой и еще раз взвешивают. Плотность жидкостей находят по формуле:

$$\rho = \frac{g_2 - g_0}{g_1 - g_0} \cdot \rho_{H_2O}, \quad (3)$$

где g_0 – вес пустого пикнометра, г;

g_1 – вес пикнометра с водой, г;

g_2 – вес пикнометра с исследуемой жидкостью, г;

ρ_{H_2O} – плотность воды при комнатной температуре, г/см³.

4.2. Показатель преломления определяют с помощью рефрактометра Аббе. Описание прибора и измерения показателя преломления необходимо изучить по инструкции к прибору. Измерения

проводятся с точностью до четвертого знака после запятой, необходимо сделать не менее трех определений показателя преломления каждого вещества и взять среднее арифметическое.

4.3. По найденным величинам плотностей и показателей преломления по формуле (2) рассчитывают значение R_M . Величину M находят из известной брутто-формулы вещества.

4.4. Используя свойство аддитивности мольной рефракции, рассчитывают вклад в величину R_M всех атомов, входящих в состав вещества (R_a). Очевидно, что разница $R_M - R_a$ будет определяться вкладом в величину R_M кратных (двойных) связей. Зная величину инкремента двойной связи, можно вычислить их количество в молекуле и определить строение вещества.

5. Содержание отчета

Отчет состоит из цели работы, задания, экспериментальной и расчетной частей, таблиц, выводов.

Результаты эксперимента сводятся в таблицу 1 и 2.

Таблица 1

Экспериментальные данные для определения плотности вещества

№ пикнометра	Вес пикнометра, г			Температура опыта, °С	Плотность воды, г/см ³
	сухого	с веществом	с водой		
1					
2					

Таблица 2

Экспериментальные данные для определения показателя преломления

Вещество	Показатель преломления			
	n_1	n_2	n_3	n_{cp}
1-й компонент				
2-й компонент				
H ₂ O дистиллированная				

Расчетная часть включает в себя:

1. Расчет плотностей веществ по формуле (3) с учетом плот-

ности воды при температуре опыта.

2. Расчет мольной рефракции R_M вещества по формуле (2) с предварительным вычислением M по брутто-формуле.

3. Расчет мольной рефракции R_M вещества по атомным рефракциям и инкрементам связей (необходимые значения берутся из справочной таблицы).

4. Расчет погрешности измерения мольной рефракции по формуле:

$$\Delta = \frac{R_M^{ТЕОР} - R_M^{ЭКС}}{R_M^{ТЕОР}} \cdot 100(\%), \quad (4)$$

где Δ – относительная ошибка измерения, %;

$R_M^{ТЕОР}$ – теоретически рассчитанное значение мольной рефракции (по атомным рефракциям и инкрементам связей);

$R_M^{ЭКС}$ – экспериментально определенное значение мольной рефракции.

5. Определение строения исследованных веществ и изображение их структурных формул.

Выводы включают в себя заключение об идентификации исследованных веществ и о возможностях рефрактометрического метода анализа.

6. Вопросы для самопроверки

1. Что называется поляризацией?
2. Какие различают виды поляризации?
3. Какая связь между частотой электрического поля и видами поляризации?
4. Что называется мольной рефракцией?
5. В чем заключается свойство аддитивности мольной рефракции?
6. Как с помощью рефрактометрического метода можно определить строение вещества?

ФОТОКОЛОРИМЕТРИЯ

1. Цель работы

Изучить фотоколориметрический метод определения константы диссоциации одноцветного индикатора (фенолфталеина).

2. Задание

2.1. Определить оптическую плотность растворов фенолфталеина в зависимости от рН среды.

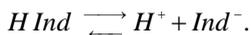
2.2. Рассчитать степень диссоциации и константы диссоциации индикатора.

2.3. Выводы.

2.4. Оформить отчет.

3. Теоретическая часть

Некоторые вещества (имеющие, как правило, характер слабых органических кислот или оснований) приобретают в диссоциированном и недиссоциированном состоянии различную окраску, что позволяет использовать их в качестве индикаторов. Перемена окраски связана с отрывом иона водорода или гидроксила от молекулы, остаток которой испытывает деформацию электронной структуры. Это вызывает изменение спектра поглощения и, соответственно, окраски образовавшегося иона. Если индикатор является слабой кислотой, то диссоциация выражается уравнением:



В кислых средах равновесие смещено влево, и окраска раствора определяется цветом молекул. В щелочных средах равновесие смещено вправо, и окраску раствора определяет цвет аниона. Таким образом, окраска раствора индикатора зависит от величины рН раствора и выражается уравнением:

$$pH = pK - \lg \frac{1-\alpha}{\alpha}, \quad (5)$$

где: K – константа диссоциации индикатора;

α – степень диссоциации индикатора.

Когда индикатор диссоциирован наполовину ($\alpha = 0,5$) второй член уравнения (2) равен нулю и $pH = pK$. Это значение рН называ-

ется точкой перехода индикатора. Изменение окраски происходит в определенном интервале pH , причем визуально это можно заметить, когда отношение окрашенных форм составляет величину от 0,1 до 10, т. е. лежит в пределах двух единиц pH . Этот интервал называется зоной перехода и связан с точкой перехода соотношением:

$$pH = pK \pm 1. \quad (6)$$

Индикаторы бывают одноцветные, т. е. окрашенные только в одной из форм (например, фенолфталеин), и двухцветные, окрашенные в различные цвета в каждой из форм (например, метилоранж, лакмус и др.).

Определение константы диссоциации индикатора основано на уравнении (5). Степень диссоциации индикатора определяется экспериментально методом абсорбционной спектроскопии с помощью фотоколориметра. По закону Ламберта – Бэра интенсивности падающего (I_0) и прошедшего через раствор света (I) связаны следующим соотношением:

$$I = I_0 e^{-KCl}, \quad (7)$$

$$D = K \cdot Cl, \quad (8)$$

где: D – оптическая плотность раствора ($D = \lg I_0/I$);

K – молярный коэффициент поглощения;

C – концентрация раствора (моль/л);

l – толщина слоя раствора (см).

Максимальная оптическая плотность (D_{max}) в ряду буферных смесей с возрастающим значением pH отвечает полной диссоциации индикатора ($\alpha = 1$), для других значений pH α находится по соотношению $\alpha = D/D_{max}$.

4. Порядок выполнения работы

4.1. В серии буферных растворов (4–5 растворов в интервале $pH = 8–11$) берут по 25 мл каждого буфера, приливают к ним 0,15 мл фенолфталеина и выдерживают для установления равновесия.

4.2. На фотоколориметре определяют оптическую плотность буферных растворов, начиная с наименее окрашенных. Каждое определение повторяют не менее трех раз, используя фильтр с длиной волны 540 нм.

4.3. Из полученных величин находят D_{max} , вычисляют α и pK

[по формуле (5)] и находят $K_{\text{инд}}$ исходя из соотношения $pK = -\lg K_{\text{инд}}$.

4.4. Строят график зависимости $\alpha = f(pH)$, по графику находят точку перехода индикатора, соответствующую значению $\alpha = 0,5$ и зону перехода (по формуле 6).

4.5. Делают заключение о возможности фотокolorиметрического метода определения константы диссоциации, точки перехода, зоны перехода исследованного индикатора.

5. Содержание отчета

Отчет включает в себя цель работы, задание, экспериментальную и расчетную части, таблицу, график и выводы. Экспериментальные и расчетные данные сводятся в таблицу 3.

Таблица 3

Экспериментальные данные для определения $K_{\text{инд}}$

pH раствора	Оптическая плотность, D			$D_{\text{ср}}$	α	pK	$K_{\text{инд}}$
	1	2	3				

Расчетная часть включает в себя расчет величин α , pK и $K_{\text{инд}}$. Точка перехода и зона перехода определяются по графику $\alpha = f(pH)$.

6. Вопросы для самопроверки

1. Какие вещества могут быть использованы в качестве индикаторов?
2. Почему окраска индикаторов зависит от pH ?
3. Что называется зоной и точкой перехода индикатора?
4. На чем основано определение константы диссоциации индикатора?
5. Каким способом определяется степень диссоциации индикатора?
6. На каком законе основан метод абсорбционной спектроскопии?

ПОЛЯРИМЕТРИЯ

1. Цель работы

Изучить поляриметрический метод анализа растворов оптически активных веществ.

2. Задание

2.1. Определить величину удельного вращения оптически активных веществ.

2.2. Определить концентрацию растворов оптически активных веществ по углу вращения плоскости поляризации.

3. Теоретическая часть

Поперечные колебания световых волн естественного света осуществляются во всех плоскостях, проходящих через световой луч. Если данные колебания световых волн однонаправлены, т. е. совершаются в одной определенной плоскости, то такой свет является поляризованным. Плоскость, перпендикулярная к плоскости колебаний световых волн поляризованного луча, называется плоскостью поляризации. Оптически активными веществами называются вещества, прохождение через растворы которых плоскополяризованного света связано с поворотом плоскости поляризации на определенный угол. Такие вещества имеют в составе молекулы один или несколько асимметрических атомов углерода, т. е. атомов углерода, связанных с четырьмя различными атомами или группами атомов.

Величина угла вращения зависит от природы оптически активного вещества, его концентрации в растворе и толщины слоя раствора, через который проходит поляризованный свет. Угол вращения имеет знак плюс (+) или минус (–), отвечающий правому и левому вращению соответственно.

Величина угла вращения при концентрации 1 г/мл и толщине слоя 0,1 м называют удельным вращением (α_0).

$$\alpha_0 = \frac{\alpha \cdot 100}{l \cdot C}, \quad (9)$$

где α – угол вращения (градусы);

l – толщина слоя раствора (дм);

C – концентрация раствора (г/100 мл).

Прибор для измерения угла вращения плоскости поляризации называется поляриметром. Поляриметр сочетает в себе устройство для получения поляризованного света (поляризатор) с устройством, которое позволяет анализировать вращение плоскости поляризации (анализатор).

Поляризатором и анализатором в поляриметре служат призмы Николя. Поляриметрическим методом анализа определяют наличие оптически активных веществ в растворе, их концентрации, изучают кинетику химических реакций с участием оптически активных веществ.

4. Порядок выполнения работы

4.1. Навески глюкозы (сахарозы) 1, 2, 3, 5, 7 г (с точностью до 0,01 г) помещают в мерные колбы на 50 мл, растворяют в небольшом количестве дистиллированной воды, а затем добавляют воду до метки. Тщательно перемешивают растворы и определяют угол вращения (α) на поляриметре. Определение угла вращения плоскости поляризации раствора определенной концентрации проводят не менее трех раз. По средним значениям строят график зависимости этой величины от концентрации растворов оптически активного вещества. Затем аналогичным образом определяют угол вращения плоскости поляризации исследуемого контрольного раствора глюкозы (сахарозы) и по калибровочному графику вычисляют концентрацию раствора.

4.2. По полученным данным в п. 4.1 для каждой концентрации глюкозы (сахарозы) определяют величину удельного вращения (α_0), находят среднее значение для всех определений, сравнивают его с табличным ($+52,5^\circ$ – для глюкозы и $+66,5^\circ$ – для сахарозы) и вычисляют погрешность измерений по формуле (10):

$$\Delta = \frac{\alpha_{ТЕОР} - \alpha_{ЭК}}{\alpha_{ТЕОР}} \cdot 100\%. \quad (10)$$

4.3. Исходя из полученных данных делают заключение о возможностях поляриметрического метода анализа определения оптически активных веществ и их содержания в растворах.

5. Содержание отчета

5.1. Отчет включает в себя цель работы, задание, экспериментальную и расчетную части, выводы.

5.2. Экспериментальные данные сводят в таблицу 4.

Таблица 4

Экспериментальные данные поляриметрического метода анализа

Концентрация раствора (C), г/50 мл	Угол вращения (α)	Удельное вращение (α_0)

Расчетная часть включает расчет величин удельного вращения (α_0), концентрации раствора (C) и ошибки измерения. Калибровочный график выполняют на миллиметровой бумаге. Выводы содержат заключение о возможностях поляриметрического метода анализа растворов оптически активных веществ.

6. Вопросы для самопроверки

1. Какой световой поток называют поляризованным?
2. Какие вещества называются оптически активными?
3. Что такое удельное вращение?
4. Каков принцип действия поляриметра?
5. Каким образом с помощью поляриметра можно определить концентрацию раствора?

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНСТАНТЫ СКОРОСТИ РЕАКЦИИ

1. Цель работы

Изучение методов определения константы скорости химических реакций.

2. Задание

2.1. Определение объемным методом анализа количества молей исходных веществ, вступивших в реакцию за определенные

промежутки времени.

2.2. Расчет константы скорости реакции.

2.3. Построение графика зависимости концентраций исходных веществ от времени.

3. Теоретическая часть

Скоростью химических реакций называют изменение концентрации любого из участвующих в реакции веществ в единицу времени. Обычно скорость реакции находят по изменению концентрации исходного вещества.

По закону действия масс скорость химических реакций прямо пропорциональна произведению концентраций реагирующих веществ. Для схематической реакции $aA + bB \rightarrow dD$

$$v = \kappa \cdot C_A^a \cdot C_B^b, \quad (11)$$

где κ – константа скорости реакции, представляющая собой скорость реакции при единичных концентрациях реагентов. Сумма показателей степеней при концентрациях в кинетических уравнениях представляет собой порядок реакции. Наименьшее число частиц, принимающих участие в отдельной реакции, определяет молекулярность реакции. Вероятность одновременного столкновения и взаимодействия многих частиц невелика, поэтому в элементарном акте реакции участвуют обычно не более трех частиц. Конечные продукты могут получаться за один или несколько последовательных элементарных актов (ступеней). Молекулярность реакции совпадает с ее порядком, если она протекает за один элементарный акт.

Константа скорости реакции зависит от природы реагирующих веществ, температуры, катализатора. Таким образом, константа скорости является характерной величиной для сравнения скоростей реакции, протекающих в различных системах.

Константы скорости реакции вычисляют из опытных данных с помощью кинетических уравнений.

Для реакций первого порядка кинетическое уравнение имеет вид:

$$-\frac{dC}{dt} = \kappa C, \quad (12)$$

отсюда

$$k = \frac{2,3}{\tau_2 - \tau_1} \cdot \lg \frac{C_1}{C_2} \cdot c^{-1}. \quad (13)$$

Для реакций второго порядка

$$-\frac{dC}{d\tau} = k \cdot C_A \cdot C_B, \quad (14)$$

отсюда

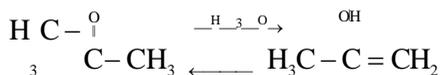
$$k = \frac{2,3V}{(a+b) \cdot \tau} \cdot \lg \frac{(b+x) \cdot a}{(a-x) \cdot b} \cdot c^{-1} \cdot \text{моль}^{-1}, \quad (15)$$

где a и b – начальные числа молей исходных веществ;

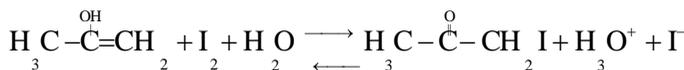
x – убыль числа молей вещества (a и b соответственно);

V – объем реакционной смеси, мл.

В данной работе определение константы скорости проводится на примере взаимодействия йода с ацетоном. Реакция йодирования ацетона протекает с заметной скоростью в щелочной или кислой среде. В кислой среде в присутствии ионов водорода (ионов гидроксония) происходит таутомерное превращение кетона в енол:



Данная реакция с константой скорости k_1 идет медленно. Вторая стадия реакции, заключающаяся в присоединении йода к енольной форме ацетона, протекает быстро ($k_2 \gg k_1$):



Таким образом, реакция йодирования ацетона представляет собой последовательную двухстадийную реакцию, причем скорость суммарной реакции определяется скоростью медленной стадии (первой). Константа скорости k определяется из уравнения (15). Исходное количество ацетона определяют по взятому объему, ионов водорода – по количеству взятого раствора кислоты определенной концентрации, количество израсходованного ацетона – по убыли йода, пошедшего на йодирование. В расчеты входит лишь одна переменная величина (x), которую определяют титрованием реакционной смеси раствором тиосульфата натрия.

4. Порядок выполнения работы

4.1. В мерную колбу на 250 мл наливают 25 мл 0,1 н. раствора йода в 4%-ном растворе йодистого калия, прибавляют в нее 25 мл 1 Н раствора соляной кислоты и добавляют такой объем дистиллированной воды, чтобы до метки осталось около 30 мл.

4.2. В мерную колбу с раствором йода вносят 2 мл ацетона, тщательно перемешивают и сразу же доводят водой уровень раствора в колбе до метки. Этот момент является временем начала реакции. После отбора пробы в 25 мл на титрование колбу с раствором помещают в водяную баню с температурой 35°C ($\pm 2^\circ$).

4.3. Из мерной колбы отбирают пробы по 25 мл, добавляют к ним 25 мл 0,1 Н раствора гидрокарбоната натрия (NaHCO_3) и титруют 0,01 Н раствором тиосульфата натрия ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) в присутствии крахмала. Пробы отбирают в момент начала реакции, через 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105, 120 минут после начала реакции.

4.4. Вычисляют $x = (v_0 - v_\tau) C \cdot 10^{-3}$, где v_0 и v_τ – объемы раствора тиосульфата, пошедшие на титрование в начальный момент и в момент τ (мл), C – концентрация раствора тиосульфата (г-экв/л).

4.5. По формуле (15) вычисляют k для каждого значения времени, определяют среднее значение константы скорости реакции и отклонение k от среднего значения в %.

5. Содержание отчета

Отчет включает в себя цель работы, задание, экспериментальную, расчетную и графическую части, оценку погрешности измерений, выводы. В начале экспериментальной части помещают данные, необходимые для расчета:

концентрация раствора HCl (г-экв/л) – 1,0 Н

концентрация раствора I_2 (г-экв/л) – 0,1Н

объем ацетона в мл – 2 мл ($\rho = 0,79$ г/см³)

a – масса ацетона, молей (в 25 мл пробы)

v – число молей H^+ (в 25мл)

Экспериментальные данные сводят в таблицу 5.

Таблица 5

Экспериментальные данные по определению константы скорости

№ пробы	Время от начала опыта, τ	V_{τ}	X	κ	$\Delta\kappa$

Расчетная часть включает в себя расчет x , κ , $\kappa_{ср}$, $\Delta\kappa$.

Затем строят график $C_{\text{ацетона}} = f(\tau)$, где $C = a - x$.

Выводы содержат заключение об определении константы скорости реакции данным методом.

6. Вопросы для самопроверки

1. Что называют скоростью химических реакций?
2. Приведите общую формулу кинетического уравнения для скорости химических реакций.
3. Что такое константа скорости химических реакций, от чего она зависит?
4. Что такое порядок, молекулярность реакции?
5. Приведите уравнения обеих стадий реакции йодирования ацетона.
6. Каким образом можно определить константу скорости реакции?

ЗАКОН РАСПРЕДЕЛЕНИЯ

1. Цель работы

Изучить закон распределения в трехкомпонентной системе и применить его для экстрагирования вещества из раствора.

2. Задание

- 2.1. Определить зависимость оптической плотности от концентрации в системах йод – вода, йод – толуол.
- 2.2. Провести экстрагирование йода из водных растворов.
- 2.3. По результатам экстрагирования определить коэффициент распределения в системе йод – вода – толуол.
- 2.4. Выводы.
- 2.5. Оформление отчета.

3. Теоретическая часть

Закон распределения для трехкомпонентной системы формулируется следующим образом: для данной температуры отношение концентраций третьего компонента в двух ограниченно смешивающихся жидкостях есть величина постоянная.

Таким образом, если добавлять третий компонент к системе, состоящей из двух ограниченно растворимых друг в друге жидкостях, то он будет распределяться между обоими слоями в постоянном для данной температуры отношении:

$$\frac{C'}{C_2} = \frac{C'}{C_1} = \dots = \frac{C^n}{C_2} = K,$$

где C'_1, C'_1, \dots, C^n_1 – концентрация третьего компонента в первой жидкой фазе;

C'_2, C'_2, \dots, C^n_2 – концентрация третьего компонента во второй жидкой фазе;

K – коэффициент распределения; постоянная при данной температуре величина.

Соотношение (1) справедливо в тех случаях, когда третий компонент в каждой из фаз находится в одинаковом молекулярном состоянии, т. е. не происходит его ассоциации или диссоциации в одной из фаз.

Самым распространенным примером использования закона распределения является экстрагирование, т. е. извлечение вещества из раствора подходящим растворителем, в котором оно растворяется лучше, чем в прежнем. Необходимым условием экстрагирования является ограниченная смешиваемость обоих растворителей друг в друге.

Система йод – вода – толуол отвечает всем перечисленным выше требованиям и может быть использована для изучения закона распределения.

4. Порядок выполнения работы

4.1. Определяют зависимость оптической плотности от концентрации для серии растворов йода в воде ($C = 0,02\%$, $0,05\%$, $0,1\%$, $0,2\%$, $0,3\%$). Работу выполняют на фотоколориметре с ис-

пользованием светофильтра с длиной волны $\lambda = 490$ нм.

4.2. Аналогично определяют зависимость оптической плотности от концентрации для серии растворов йода в толуоле ($C = 0,05\%$, $0,1\%$, $0,15\%$, $0,2\%$, $0,25\%$) с использованием фильтра $\lambda = 590$ нм. Строят калибровочные кривые $D = f(C)$ для системы йод – вода и йод – толуол (на одном графике).

4.3. В делительную воронку помещают 10 мл 0,1%-ного раствора йода в воде, затем добавляют 10 мл чистого толуола и 5–10 раз энергично встряхивают. Закрепляют воронку в вертикальном положении на штативе и через 5 мин (после полного расслоения фаз) разделяют слои и определяют их оптическую плотность. По калибровочным кривым находят концентрации йода в воде и в толуоле и по вышеприведенной формуле вычисляют коэффициент распределения.

Аналогичным образом проводят эксперименты с 0,2%-ным и 0,3%-ным растворами йода в воде и вычисляют для них коэффициенты распределения.

5. Содержание отчета

Отчет включает в себя цель работы, задание, экспериментальную часть, таблицы, графики расчеты и выводы. Экспериментальные данные сводятся в таблицы 6, 7.

Таблица 6

Зависимость оптической плотности от концентрации йода в воде и толуоле

	Система	Концентрация раствора, %						
		0,02	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3
Оптическая плотность D	йод – вода				–		–	
	йод – толуол	–						–

Таблица 7

Экспериментальные данные для определения коэффициента распределения

Исходная концентрация раствора	Система	D	C , % (по графику)	K
0,1	йод – вода йод – толуол			
0,2	йод – вода йод – толуол			
0,3	йод – вода йод – толуол			

После определения (по графику) значений концентраций йода в воде и толуоле вычисляют величину $K = \frac{C_J}{C_J H_2O}$ для всех исследованных растворов, находят среднее значение коэффициента распределения K_{CP} .

В заключении делают вывод о возможностях фотоколориметрического метода определения K с помощью экстрагирования.

6. Вопросы для самопроверки

1. Как формулируется закон распределения?
2. При каких условиях справедлив закон распределения?
3. В чем сущность процесса экстрагирования?
4. Каким образом проводится экстрагирование?
5. В чем заключается сущность фотоколориметрического метода определения K ?

КРИОМЕТРИЯ

1. Цель работы

Изучить криометрический метод определения некоторых параметров растворов неэлектролитов и электролитов (молекулярной массы растворенного вещества, криоскопической константы растворителя, изотонического коэффициента, степени диссоциации).

2. Задание

- 2.1. Определить криоскопическую константу растворителя.
- 2.2. Определить молекулярную массу растворенного вещества – неэлектролита.
- 2.3. Определить изотонический коэффициент и степень диссоциации слабого и сильного электролита.

3. Теоретическая часть

Точка замерзания жидкости характеризуется равновесным сосуществованием жидкой, газовой и кристаллической фаз, при этом давление насыщенного пара над жидкой и кристаллической фазами должно быть одинаковым. При внесении в жидкость какого-либо вещества условия для испарения ухудшаются (сокращается площадь испарения, занятая неиспаряющимися частицами растворенного вещества, уменьшается молярная доля растворителя в растворе), давление пара над раствором понижается пропорционально концентрации растворенного вещества (закон Рауля).

Отсюда понижение температуры замерзания раствора неэлектролита будет прямо пропорционально концентрации растворенного вещества:

$$\Delta t_{\text{зам}}^{\circ} = K \cdot m, \quad (16)$$

где K – криоскопическая константа растворителя;

m – моляльность раствора (количество молей растворенного вещества на 1000 г растворителя).

Криоскопическая константа или константа замерзания растворителя представляет собой понижение температуры замерзания раствора, содержащего 1 моль вещества на 1000 г растворителя. Для воды $K = 1,86^{\circ}$, т. е. все одномолярные растворы неэлектролитов в воде замерзают при температуре $-1,86^{\circ}\text{C}$.

Моляльность растворов определяется по формуле:

$$m = \frac{\omega_2 \cdot 1000}{\omega_1 \cdot M}, \quad \text{моль/1000г растворителя.} \quad (17)$$

где ω_1 – масса растворителя, г;

ω_2 – масса растворенного вещества, г;

M – молекулярная масса растворенного вещества, тогда, объединив формулы (16) и (17), можно рассчитать величину молекулярной массы растворенного неэлектролита:

$$M = K \frac{\omega_2 \cdot 1000}{\omega_1 \cdot \Delta t_{ЗАМ}^{\circ}}. \quad (18)$$

В растворах электролитов $\Delta t_{ЗАМ}^{\circ}$ будет больше, чем для растворов неэлектролитов той же молярной концентрации вследствие диссоциации и увеличения числа частиц в растворе. Количественно это отклонение характеризуется изотоническим коэффициентом Вант-Гоффа i , который показывает, на сколько ионов диссоциирует данный электролит. В идеальных растворах сильных электролитов $i \rightarrow \nu$, где ν – число ионов, образующихся при распаде одной молекулы. Экспериментально i определяется по формуле:

$$i = \frac{\Delta t_{ЗАМ}^{\circ}}{K \cdot m}, \quad (19)$$

где: K – криоскопическая константа растворителя;

m – молярность раствора.

Зная величину i , можно рассчитать степень диссоциации электролита:

$$\alpha = \frac{i - 1}{\nu - 1}. \quad (20)$$

Нетрудно заметить, что для идеальных растворов сильных электролитов при $i \rightarrow \nu$, $\alpha \rightarrow 1$. В реальных растворах всегда $i < \nu$ и $\alpha < 1$ за счет электростатического взаимодействия ионов друг с другом и с молекулами растворителя.

4. Порядок выполнения работы

4.1. Перед началом эксперимента необходимо ознакомиться с устройством термометра Бекмана и правилами работы с ним.

4.2. В пробирку наливают 25–30 мл предварительно охлажденной дистиллированной воды, помещают ее в криостат и с помощью термометра Бекмана определяют температуру замерзания растворителя. Точность измерения составляет 0,01°C. Измерения проводят не менее 3-х раз, каждый раз вынимая пробирку и расплавляя образовавшиеся кристаллы льда, нагревая

пробирку рукой.

4.3. В пробирку с охлажденным растворителем последовательно вносят навески исследуемых веществ:

- а) глюкозы – 0,9–1,2 г;
- б) хлористого натрия – 0,3–0,5 г;
- в) уксусной кислоты – 0,3–0,5 мл.

4.4. Полученные растворы помещают в криостат и определяют температуру их замерзания не менее трех раз с точностью до 0,01°C. Полученные экспериментальные данные сводятся в таблицу 8.

4.5. По понижению температуры замерзания раствора ($\Delta t_{\text{ЗАМ}}^{\circ}$) и вычисленному по формуле (17) значению моляльности растворов m рассчитывают:

- а) молекулярную массу неэлектролита по формуле (18);
- б) криоскопическую константу воды по формуле (16);
- в) изотонический коэффициент для электролитов по формуле (19);
- г) степень диссоциации электролитов по формуле (20).

Таблица 8

Экспериментальные данные криометрического метода анализа

Растворенное вещество	Масса растворителя, г	Масса растворенного вещества, г	Температура замерзания растворителя, °С	Температура замерзания раствора, °С	$\Delta t_{\text{ЗАМ}}^{\circ}$ (3 замара)	Средняя $\Delta t_{\text{ЗАМ}}^{\circ}$
Глюкоза						
NaCl						
CH ₃ COOH						

Расчетная часть включает в себя вычисление молекулярной массы неэлектролита, криоскопической константы воды, изотонического коэффициента i для электролитов и степени диссоциации α для электролитов.

При расчетах с уксусной кислотой ее массу определяют по формуле:

$$m = v \cdot \rho,$$

где v – объем кислоты в мл;

ρ – плотность кислоты (по справочнику).

При расчетах M и K необходимо определить погрешность измерений относительно теоретических значений соответствующих параметров.

5. Содержание отчёта

Отчет включает в себя цель работы, задание, экспериментальную и расчетные части, выводы. Выводы содержат заключение о возможностях криоскопического метода.

6. Вопросы для самопроверки

1. На чем основан криометрический метод анализа?
2. Почему температура замерзания раствора ниже температуры замерзания чистого растворителя?
3. Как формулируется закон Рауля?
4. Что такое криоскопическая константа растворителя?
5. Что характеризует изотонический коэффициент Вант-Гоффа?
6. . Как зависит степень диссоциации от величины изотонического коэффициента?

ПОТЕНЦИОМЕТРИЯ

1. Цель работы

Изучить потенциометрические методы исследования растворов электролитов.

2. Задание

- 2.1. Определить водородный показатель растворов сильных и слабых электролитов.
- 2.2. Определить константы диссоциации слабых кислот и оснований.
- 2.3. Определить константы гидролиза солей.
- 2.4. Выводы, заключение.
- 2.5. Оформление отчета.

3. Теоретическая часть

Потенциометрические методы основаны на измерении ЭДС гальванической цепи, составленной из полуэлемента с измерительным электродом, помещенным в исследуемый раствор электролита и полуэлемента с электродом сравнения. Потенциометрические измерения используются для определения водородного показателя раствора, ионного произведения воды, констант гидролиза солей и констант диссоциации кислот и оснований, растворимости трудно-растворимых солей, а также для различного рода титрований.

В лабораторной практике для потенциометрических измерений используются различные *pH*-метры – милливольтметры, в частности *pH*-340 с датчиком ДЛ-02. Водородный показатель *pH* представляет собой отрицательный логарифм активности водородных ионов ($pH = -\lg a_{H^+}$) и характеризует активную кислотность раствора. Исходя из ионного произведения воды при 25°C ($K_B = a_{H^+} \cdot a_{OH^-} = 1,008 \cdot 10^{-14}$) следует, что $pH + pOH = 14$. Таким образом, в разбавленных водных растворах электролитов *pH* изменяется от 0 до 14 и характеризует кислотность или щелочность данной системы. В нейтральных растворах $pH = 7$, в кислотных $pH < 7$, в щелочных $pH > 7$.

В качестве измерительного электрода при определении *pH* используют стеклянный электрод, действие которого основано на том, что при выдерживании его в растворе соляной кислоты катионы H^+ внедряются в стекло и в дальнейшем способны участвовать в обмене ионов водорода между электродом и исследуемым раствором электролита. В качестве вспомогательного электрода используют хлорсеребряный электрод. Настройку прибора осуществляют по буферным растворам. Буферными растворами называют растворы, содержащие слабую кислоту и ее соль с сильным основанием или слабое основание и его соль с сильной кислотой. Буферные растворы обладают важным свойством постоянства *pH* при разбавлении и незначительным его изменением при добавлении сильных кислот и щелочей. Это связано с буферной емкостью раствора, характеризуемой количеством сильной кислоты или щелочи, изменяющей *pH* раствора на единицу.

По экспериментально определенному значению водородного показателя в растворе электролитов известной концентрации можно вычислить степень диссоциации и константы диссоциации слабых

кислот и оснований, степень и константы гидролиза солей.

4. Порядок выполнения работы

4.1. Водородный показатель определяют с помощью *pH*-метра – милливольтметра *pH*-340 со стеклянным электродом. Предварительно необходимо ознакомиться с инструкцией по эксплуатации прибора и настроить прибор для работы в кислотной или щелочной области *pH* или во всей области *pH* в соответствии с индивидуальным заданием. Затем проводят измерения *pH* исследуемых растворов электролитов.

4.2. В 4-х стаканчиках приготавливают по 50 г растворов уксусной кислоты с концентрацией 1%, 5%, 10%, 20% и определяют *pH* с помощью *pH*-метра, а плотность кислоты – ареометром. Затем рассчитывают a_{H^+} , молярные концентрации уксусной кислоты, степень диссоциации:

$$\alpha = \frac{a_{H^+}}{a_{CH_3COOH}},$$
$$K = \alpha^2 \cdot a_{CH_3COOH},$$

где a_{H^+} и a_{CH_3COOH} – концентрация ионов водорода и уксусной кислоты соответственно.

Строят график зависимости степени диссоциации от концентрации.

4.3. Измеряют *pH* 5%-ного раствора CH_3COOH при различных температурах (10, 20, 30, 40, 50°C), рассчитывают степень диссоциации и константы диссоциации и строят графики зависимости α и K от температуры.

4.4. Приготавливают 0,5%-, 1,0%-, 2,5%-, 5,0%-ные растворы нитрата аммония и, измерив *pH*, рассчитывают степень гидролиза:

$$\beta = \frac{a_{H^+}}{m \cdot \gamma},$$

где: m – молярная концентрация соли;

γ – коэффициент активности (≈ 1).

Затем вычисляют константу гидролиза $K_G = \beta^2 \cdot m \cdot \gamma$. Строят

график зависимости степени гидролиза от концентрации соли.

4.5. Приготавливают 5%-ный раствор хлорного железа и измеряют pH при температурах 10, 20, 30, 50°C. Затем раствор доводят до температуры кипения, после охлаждения до комнатной температуры вновь измеряют pH . Рассчитывают β и K_G и строят графики зависимости β и K_G от температуры.

4.6. На основании полученных данных делают заключение о возможностях потенциометрического метода анализа растворов электролитов и зависимости полученных параметров от концентрации и температуры.

5. Содержание отчета

Отчет составляется с указанием цели, задания, экспериментальной и расчетной частей, выводов. Приводятся уравнения диссоциации и гидролиза исследованных электролитов. Экспериментальные данные сводятся в таблицы 9–12.

Таблица 9

Экспериментальные данные для определения α и K для CH_3COOH

№ п/п	Концентрация, %	Плотность, г/см ³	Концентрация, моль/л	pH	a_{H^+}

Таблица 10

Зависимость α и K от температуры для CH_3COOH

Электролит	Температура	10°	20°	30°	40°	50°
CH ₃ COOH 5%	pH					
	a_{H^+}					
	α					
	K					

Таблица 11

Экспериментальные данные для определения β и K_G для NH_4NO_3

№ п/п	Концентрация, %	Концентрация, моль/1000 г	pH	a_{H^+}

Таблица 12

Зависимость β и K_G от температуры для $FeCl_3$

Электролит	Температура	10°	20°	30°	50°	100°
		Концентрация, %	pH			
		a_{H^+}				
Концентрация, моль/1000 г		β				
		K_G				

Расчетная часть включает в себя расчеты молярных и моляльных концентраций, степени и констант диссоциации, степени и константы гидролиза. По полученным данным вычерчиваются на миллиметровой бумаге графики зависимостей степени диссоциации и гидролиза от концентрации и температуры, констант диссоциации и гидролиза от температуры. Выводы включают в себя заключения о возможностях потенциометрического метода анализа растворов электролитов и влиянии концентрации и температуры на полученные параметры.

6. Вопросы для самопроверки

1. На чем основаны потенциометрические методы анализа растворов электролитов?
2. Какие характеристики можно получить, используя потенциометрические методы?
3. Какие растворы называют буферными?
4. Что называют pH и как его определяют?
5. Каким образом, зная pH и концентрацию, можно вычислить степень диссоциации и константы диссоциации слабых кислот и оснований?
6. Каким образом, зная pH и концентрацию, можно вычислить степень гидролиза и константу гидролиза?

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ ПО КОЛЛОИДНОЙ ХИМИИ

ПОЛУЧЕНИЕ КОЛЛОИДНЫХ СИСТЕМ

1. Цель работы

Изучить основные методы получения коллоидных систем.

2. Задание

2.1. Получить гидрозоль серы методом диспергирования с добавкой понизителей твердости.

2.2. Получить гидрозоль серы методом диспергирования ультразвуком.

2.3. Получить золи хлористого натрия и эфирных масел методом физической конденсации.

2.4. Получить гидрозоль серы, гидроксида железа (III), йодида серебра методом химической конденсации.

2.5. Получить гидрозоль гидроксида железа (III) методом пептизации.

3. Теоретическая часть

Коллоидные системы получают методами диспергирования, конденсации и пептизации. Отдельные коллоидные системы могут образовываться путем самопроизвольного диспергирования дисперсной фазы в дисперсионной среде.

Методы диспергирования основаны на дроблении крупных частиц до коллоидной степени дисперсности, методы конденсации – на создании условий, при которых атомы и молекулы соединяются под действием вандерваальсовых сил в агрегаты коллоидной степени дисперсности.

Метод пептизации заключается в переводе в коллоидный раствор осадков, первичные частицы которых уже имеют коллоидные размеры. Основными условиями получения коллоидных систем является нерастворимость или достаточно малая растворимость

дисперсной фазы в дисперсионной среде и наличие в системе веществ, способных стабилизировать частицы дисперсной фазы.

Диспергирование частиц до коллоидных размеров проводят в шаровых и коллоидных мельницах, в ступке (механическое дробление), под действием ультразвука, под влиянием постоянно-го и переменного электрического поля (электрическое диспергирование). Наиболее эффективно мокрое дробление с добавками посторонних веществ, называемых понизителями твердости. В качестве таких добавок применяют соли, щелочи, поверхностно-активные вещества.

Вещества-добавки, адсорбируясь на поверхности твердого тела, проникают в микрощели, снижая поверхностную энергию, и своим давлением раздвигают устья микрощели, понижая прочность структуры.

Диспергирование с помощью ультразвуковых колебаний эффективно в том случае, когда диспергируемое вещество обладает малой прочностью (смола, гипс, сера, графит). Проводят процесс, как правило, в жидкой фазе. Под влиянием ультразвуковых колебаний в жидкости возникают местные, быстро чередующиеся сжатия и расширения вещества, приводящие к образованию мельчайших полостей, которые затем смыкают свои стенки, результатом чего является гидродинамический удар. Это явление называется кавитацией. Чередующиеся сжатие, расширение и последующая за этим кавитация разрушают твердую фазу, то есть диспергируют ее.

Электрическим диспергированием получают золи металлов, проводя электрораспыление в вольтовой дуге между металлическими электродами, погруженными в дисперсионную среду.

Конденсационные методы получения дисперсных систем основаны на создании перенасыщенного раствора физическим или химическим путем.

Физические методы конденсации осуществляются путем охлаждения паров вещества постепенным удалением растворителя или заменой последнего другим, в котором вещество дисперсной фазы нерастворимо.

Химические методы конденсации основаны на проведении разнообразных реакций (окислительно-восстановительных, двойного обмена, гидролиза и др.), в результате которых из перенасыщенного раствора осаждаются нерастворимые вещества. При этом

в определенных условиях образуются коллоидные системы, в которых дисперсная фаза представлена в мицеллярном виде.

Пептизацией называют переход в коллоидный раствор осадков, образовавшихся при коагуляции. Пептизация происходит в результате промывания осадка или под действием специальных веществ – пептизаторов. Промывание осадка приводит к вымыванию ионов, вызывающих коагуляцию. Действие пептизатора заключается в адсорбции на коллоидных частицах с образованием двойного ионного слоя или сольватных оболочек и к преодолению сил сцепления между частицами. При этом освобождающиеся частицы равномерно распределяются в дисперсной среде под влиянием теплового движения. Пептизации препятствуют явления рекристаллизации и старения, приводящие к сращиванию частиц друг с другом. Метод пептизации не применяется к системе, где коагуляция вызвана поливалентными ионами, которые прочно адсорбированы на поверхности частиц.

4. Порядок выполнения работы

4.1. В ступку помещают около 0,5 г серы, 0,1 г хлористого натрия в качестве понизителя твердости и 3–4 мл воды. Смесь тщательно растирают и фильтруют. Фильтрат представляет собой коллоидный раствор серы. Аналогичным образом приготавливают гидрозоль серы, используя в качестве понизителей твердости гидроксид натрия и щелочной раствор стеарата натрия.

4.2. В стаканчик на 50 мл помещают около 0,5 г серы и 10 мл воды. Смесь подвергают воздействию ультразвуковыми колебаниями с помощью прибора УЗДН-1У42 в течение 5–10 мин, а затем фильтруют. Сравнивают с гидрозолем серы, полученным ранее (п. 4.1).

4.3. Приготавливают 2–3 мл насыщенного раствора хлористого натрия в этаноле. Затем полученный раствор по каплям приливают к 10 мл эфира. Получается светлый опалесцирующий золь, образованный заменой растворителя (хлористый натрий нерастворим в эфире).

4. 4. В стакан с водой при перемешивании по каплям добавляют 1 мл спиртового раствора эфирных масел (одеколон). Конденсация заменой растворителя происходит из перенасыщенного раствора эфирных масел, плохо растворимых в воде.

4.5. К 20–30 каплям 2%-ного раствора тиосульфата натрия добавляют 5–10 капель 2н. раствора серной кислоты. При стоянии образуется гидрозоль серы.

4.6. 10–12 мл 2%-ного раствора хлорида железа (III) прибавляют небольшими порциями к 15 мл нагретой до кипения дистиллированной воды. Образуется ярко-красный раствор гидроксида железа (III). При охлаждении окраска раствора слабеет и переходит в желтую, присущую хлориду железа (III), вследствие обратимости реакции гидролиза.

4.7. К 5 мл 1%-ного раствора йодида калия при перемешивании по каплям добавляют 0,1 мл 1%-ного раствора нитрата серебра. Образуется гидрозоль иодида серебра по реакции двойного обмена.

4.8. К 1 мл 2%-ного раствора хлорида железа (III) добавляют избыток 10%-ного раствора гидроксида натрия (0,5 мл). Осадок гидроксида железа на фильтре быстро промывают 2–3 порциями воды по 2 мл. Затем к осадку на фильтре приливают 2–3 мл раствора хлорида железа. Образуется коллоидный раствор гидроксида железа красно-бурого цвета вследствие адсорбционной пептизации.

4.9. Заключение. Выводы.

На основании проведенных опытов делается вывод об основных методах получения дисперсных систем.

5. Содержание отчета

Отчет составляют с указанием цели, задания, экспериментальной части, выводов.

В экспериментальной части указывают цвет и характерные признаки коллоидной системы, приводят уравнения химических реакций (опыты 4.5–4.8) и строение мицелл (опыты 4.6–4.8).

Выводы включают в себя заключение о возможностях каждого метода получения дисперсных систем, условий, при которых происходит образование коллоидных растворов.

6. Вопросы для самопроверки

1. Каковы основные методы получения коллоидных систем и на чем они основаны?

2. Каким образом осуществляется диспергирование веществ до коллоидных размеров?

3. Охарактеризуйте физические конденсационные методы получения коллоидных систем.

4. Охарактеризуйте химические конденсационные методы получения коллоидных систем.

5. Что такое мицеллы? Приведите состав и строение мицеллы золя гидроксида железа (III) в растворе.

6. Что такое пептизация?

ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДИСПЕРСНЫХ СИСТЕМ

1. Цель работы

Изучить основные оптические свойства коллоидных систем и основанные на этих свойствах методы исследования коллоидных растворов.

2. Задание

2.1. Из стандартных суспензий приготовить рабочие суспензии различной степени мутности.

2.2. Определить зависимость оптической плотности от степени мутности растворов с помощью фотоэлектроколориметра-нефелометра.

2.3. Определить содержание мелкодисперсной фракции системы.

2.4. Сделать выводы и заключение.

2.5. Оформить отчет.

3. Теоретическая часть

Во всех дисперсных системах (грубодисперсных и коллоидных) наблюдается светорассеивание, которое легко обнаруживается при пропускании через дисперсную систему достаточно интенсивного потока световых лучей. Наблюдая такую систему под некоторым углом к направлению лучей падающего света, можно увидеть ярко светящуюся полосу (эффект Тиндала).

В грубодисперсных системах светорассеивание вызывается беспорядочным отражением и преломлением лучей на границе

раздела частиц со средой. Светорассеивание в коллоидных системах кроме отражения вызвано явлением дифракции, заключающемся в огибании лучами света коллоидных частиц и рассеиванием светового потока во всех направлениях. Дифракция в коллоидных системах объясняется тем, что размеры коллоидных частиц меньше длины волны падающего света.

Интенсивность рассеянного света зависит от количества и размеров коллоидных частиц, а также от длины волны падающего света (уравнение Рэлея):

$$I = I_0 k \frac{n \cdot V^2}{\lambda^4},$$

где I – интенсивность рассеянного света;

I_0 – интенсивность падающего света;

k – величина, характерная для данной дисперсной фазы и дисперсной среды;

n – число частиц в единице объема (объемная концентрация коллоида);

V – объем частицы (зависит от её линейных размеров);

λ – длина волны падающего света.

В ряде случаев светорассеивание в коллоидных системах сопровождается изменением окраски коллоида. Это явление называется опалесценцией. Опалесценцию можно наблюдать под углом к направлению лучей падающего на коллоидный раствор света.

Светорассеяние лежит в основе двух оптических методов исследования коллоидных систем – *нефелометрии* и *ультрамикроскопии*.

Нефелометрический метод позволяет определять концентрацию коллоидной системы и средний размер коллоидных частиц. Применяемые приборы носят название *нефелометр* и фотоэлектрический *колориметр-нефелометр*. Действие нефелометра основано на сравнении интенсивности света, рассеянного исследуемым золев с интенсивностью света, рассеянного стандартным золев. Фотоэлектрический колориметр-нефелометр позволяет определять по оптической плотности или величине светопропускания дисперсной системы концентрацию или средний размер коллоидных частиц по градуировочному графику зависимости этих величин от оптической плотности или светопропускания. Для того чтобы заметить свет, рассеянный каждой коллоидной частицей, необходимо наблюдать коллоидную систему в микроскоп на тем-

ном фоне при сильном боковом освещении. При этом каждая коллоидная частица становится источником рассеянного света и наблюдается в виде светящейся точки на темном фоне. Прибор, позволяющий наблюдать за коллоидными частицами, называется *ультрамикроскопом*. Ультрамикроскоп позволяет измерять смещение частиц при броуновском движении, определять размеры и концентрацию коллоидных частиц.

4. Порядок выполнения работы

4.1. Из исходной суспензии путем ее разбавления в соотношениях 1:1, 1:2, 1:3, 1:5, 1:10 готовят рабочие растворы объемом 20 мл каждый. Перед каждым отбором соответствующего объема суспензию необходимо энергично перемешивать путем встряхивания.

4.2. На фотоколориметре определяют зависимость оптической плотности приготовленных суспензий от концентраций взвешенных частиц, включая оптическую плотность неразбавленного раствора (концентрацию самого мутного раствора принимают за 1 или 100%).

4.3. Измерения оптической плотности самого мутного (неразбавленного) раствора проводят в течение времени через 5, 10, 15, 20, 30, 45, 60, 75 мин от начала первого измерения.

4.4. На основании полученных данных строят график зависимости оптической плотности от концентрации взвешенных частиц и от времени выдержки раствора.

4.5. По графику зависимости оптической плотности от концентрации находят относительную концентрацию частиц в контрольном растворе, измерив предварительно его оптическую плотность.

4.6. По характеру снижения величины оптической плотности во времени делают вывод об относительных размерах взвешенных частиц. Проведя касательную к хвостовой части графика до пересечения с осью ординат, находят процентное содержание мелкодисперсной фракции. Предварительно нужно убедиться в том, что, по крайней мере, три последние точки на кривой показывают линейный характер зависимости оптической плотности от времени.

5. Содержание отчета

Отчет включает в себя цель работы, задание, экспериментальную часть, таблицы, графики и выводы. Экспериментальные данные сводятся в таблицы 13 и 14.

Таблица 13

Зависимость оптической плотности от концентрации взвешенных частиц

Степень разбавления	1:10	1:5	1:3	1:2	1:1	Неразб. раствор
Оптическая плотность						

Таблица 14

Зависимость оптической плотности от времени выдержки раствора

Время выдержки, мин	0	5	10	15	20	30	45	60	75
Оптическая плотность									

В заключении делают вывод о возможностях нефелометрического метода анализа дисперсных систем.

6. Вопросы для самопроверки

1. Как обнаруживают светорассеяние в дисперсных системах?
2. Чем обусловлено светорассеяние в грубодисперсных и коллоидных системах?
3. От каких параметров и каким образом зависит интенсивность рассеянного света?
4. В основе каких методов изучения дисперсных систем лежит светорассеяние?
5. В чем сущность нефелометрии?
6. Чем обусловлена мутность природных вод?

КОАГУЛЯЦИЯ КОЛЛОИДНЫХ РАСТВОРОВ

1. Цель работы

Изучение явления коагуляции коллоидных растворов при добавлении к ним электролитов, содержащих ионы-коагулянты различной валентности.

2. Задание

1.1. Приготовить лиофобный золь гидроксида железа.

1.2. Провести коагуляцию золя гидроксида железа растворами электролитов K_2SO_4 , $K_3[Fe(CN)_6]$ и $K_4[Fe(CN)_6]$ различной концентрации и определить порог коагуляции.

3. Теоретическая часть

Коллоидные растворы обладают большим запасом энергии, вследствие чего они термодинамически неустойчивы. Стремление к наиболее устойчивому состоянию, т. е. к минимальной поверхностной энергии, приводит к тому, что в коллоидных растворах протекают процессы, связанные с уменьшением площади поверхности раздела между фазами. Это возможно в том случае, когда частицы под действием молекулярных сил сцепляются в агрегаты, укрупняя свои размеры. Совокупность процессов, вызывающих укрупнение коллоидных частиц, называется коагуляцией.

Одним из наиболее эффективных методов коагуляции является добавление к коллоидным растворам электролитов, содержащих ионы, противоположные по заряду частицам данного коллоида. Коагулирующее действие электролитов основано на нейтрализации поверхностного заряда мицелл и снижении электрокинетического потенциала до некоторой критической величины (обычно около 20–30 мВ). Минимальная концентрация электролита, вызывающая коагуляцию данной коллоидной системы, называется порогом коагуляции и выражается в миллимолях на литр коллоидного раствора.

Порог коагуляции зависит от валентности иона-коагулянта и

изменяется пропорционально 6-й степени валентности иона:

$$\gamma_c = \frac{\alpha}{Z^6},$$

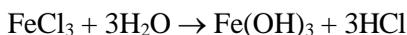
где γ_c – порог коагуляции, ммоль/л;

α – константа, характеризующая свойства раствора;

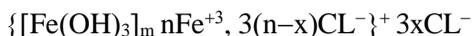
Z – валентность иона-коагулянта.

Так, для одно-, двух- и трехвалентных ионов теоретические значения порогов коагуляции относятся между собой как 730:12:1 (правило Шульце–Гарди). Подобное соотношение действительно и для реальных растворов, хотя в этом случае точные значения не выдерживаются и сохраняется лишь порядок величин.

Особенно чувствительны к коагуляции лиофобные золи, в частности получаемый методом гидролиза положительно заряженный золь гидроксида железа:



Строение мицеллы можно представить следующей схемой:



При добавке к раствору гидроксида железа электролитов, содержащих разновалентные анионы, можно наблюдать коагуляцию, проявляющуюся в помутнении раствора и разделении фаз (выпадение осадка).

4. Порядок выполнения работы

Для приготовления коллоидного раствора гидроксида железа 10 мл 2%-ного раствора FeCl_3 прибавляют небольшими порциями к 100 мл нагретой до кипения дистиллированной воды, затем полученный раствор кипятят еще несколько минут и оставляют на горячей плите.

Используемый далее раствор должен быть интенсивного красно-коричневого цвета. При ослаблении окраски и переходе ее в желтый цвет раствор следует снова довести до кипения.

В колбу для титрования трижды отбирают по 10 мл горячего раствора гидроксида железа и по каплям из бюретки добавляют растворы коагулянтов до появления первых признаков коагуляции. Из трех полученных для каждого электролита значений определяют средний объем и рассчитывают зависимость величины

порога коагуляции от валентности иона-коагулянта, откладывая на оси абсцисс значения валентности ионов, а на оси ординат – десятичный логарифм величины порога коагуляции ионов.

Проводить расчет порога коагуляции по вышеприведенной формуле невозможно в данных условиях, поскольку константа α , включающая в себя значение нескольких параметров, характеризующих состояние данного раствора, нам неизвестна. Поэтому порог коагуляции рассчитывают по объему раствора иона-коагулянта, пошедшему на титрование. Следует только перевести нормальность растворов коагулянтов в молярность и выразить ее в миллимолях.

5. Содержание отчета

Отчет составляется с указанием цели, задания, результатов эксперимента и выводов. Экспериментальные данные сводятся в таблицу 15.

Таблица 15

Объем электролитов, вызывающий коагуляцию 10 мл зольа Fe(OH) ₃			
Проба	K ₂ SO ₄	K ₃ [Fe(CN) ₆]	K ₄ [Fe(CN) ₆]
1			
2			
3			
среднее			

Расчетная часть включает в себя определение порога коагуляции электролитов в миллимолях на литр коллоидного раствора и построение графика зависимости порога коагуляции от валентности ионов (в полулогарифмическом масштабе). Выводы должны содержать заключение о сравнительной коагулирующей способности ионов различной валентности.

6. Вопросы для самопроверки

1. Что называется коагуляцией коллоидов?
2. Какие факторы определяют устойчивость коллоидных растворов?
3. В чем заключается коагулирующее действие электролитов?
4. Что такое лиотропные ряды электролитов?

5. В чем сущность правила Шульце–Гарди?
6. Какие существуют методы защиты коллоидных систем от коагуляции?

ВЯЗКОСТЬ КОЛЛОИДНЫХ РАСТВОРОВ

1. Цель работы

Изучение вязкости истинных растворов и особенностей вязкости коллоидных систем.

2. Задание

2.1. Определить вязкость 0,1%-, 0,2%-, 0,5%-, 1%-ного растворов $\text{Fe}(\text{OH})_3$ с помощью вискозиметра ВПЖ-2.

2.2. Определить вязкость 0,1%-, 0,2%-, 0,5%-, 0,75%-ного растворов желатина, выявить зависимость кинематической вязкости от концентрации раствора и температуры.

3. Теоретическая часть

Вязкость жидкости определяют как сопротивляемость ее движению под действием внешних сил. Вязкость, или внутреннее трение жидкости, обусловлена силами сцепления между молекулами. Согласно постулату Ньютона, возникающая сила вязкого сопротивления, равная по величине и обратная по направлению внешней силе, определяется из уравнения:

$$F = \eta \cdot S \left(\frac{dU}{dX} \right), \quad (21)$$

где η – коэффициент вязкости или вязкость, $\text{г}/\text{см} \cdot \text{с}$;

S – площадь контакта движущихся слоев, см ;

dU/dX – градиент скорости движения между слоями.

Единица вязкости названа *пуазом* (П) и соответствует вязкости жидкости, при которой для поддержания градиента скорости в $1 \text{ см}/\text{с}$ нужна сила в 1 дин на 1 см^2 .

Величина $1/\eta$, обратная вязкости, называется *текучестью*.

Она характеризует подвижность жидкости под влиянием внешних воздействий.

Ламинарное течение жидкости по трубкам описывается уравнением Пуазейля:

$$V = \pi r^4 \cdot P / (8 \cdot \eta \cdot l), \quad (22)$$

где V – объемная скорость истечения;

r – радиус трубки;

l – длина трубки;

P – разность давлений на концах трубки;

η – вязкость жидкости.

Уравнения Ньютона и Пуазейля соблюдаются только при условии ламинарного течения жидкости, то есть в виде слоев, имеющих различную скорость и не смешивающихся друг с другом. В ламинарном потоке вязкость чистых жидкостей, растворов низкомолекулярных веществ, а также некоторых коллоидных растворов при низких концентрациях не зависит от действующей внешней силы или давления ($\eta = \text{const}$). Растворы высокомолекулярных соединений и коллоидов с анизометрическими частицами не подчиняются уравнениям Ньютона и Пуазейля, проявляя так называемую аномальную вязкость. Вязкость в таких системах всегда велика и зависит от действующей силы, причем в ламинарном потоке η уменьшается с увеличением P . Уменьшение вязкости в системах с анизометрическими частицами объясняется ориентацией удлинённых частиц по направлению потока, что уменьшает сопротивление и, следовательно, вязкость. Особенно сильно данные процессы проявляются в концентрированных системах, где образуются структуры. Аномальная вязкость в этом случае носит название *структурной вязкости*.

Вязкость коллоидных систем всегда выше вязкости чистой дисперсионной среды. Зависимость вязкости от концентрации дисперсной фазы дается уравнением Эйнштейна:

$$\eta = \eta_0 (1 + 2,5 \cdot \varphi), \quad (23)$$

где η_0 – вязкость дисперсионной среды;

φ – объемная концентрация дисперсной фазы.

Уравнение (3) пригодно при условии, что взвешенные частицы твердые и шарообразные, концентрация дисперсной фазы невелика

и между частицами в системе отсутствуют какие-либо взаимодействия. При палочкообразной, эллипсоидной или пластинчатой формах частиц, при сольватации или взаимодействии частиц друг с другом вязкость всегда выше, чем вычисленная по уравнению Эйнштейна.

С увеличением температуры вязкость коллоидных систем и высокомолекулярных растворов уменьшается. Для растворов полимеров характерно влияние на вязкость малых добавок различных минеральных веществ, увеличивающих структурообразование, следовательно, и вязкость.

4. Порядок выполнения работы

В вискозиметр через широкое колено заливают исследуемую жидкость примерно до половины объема нижнего резервуара. Медленно (ртом или резиновой грушей) засасывают жидкость в колено с капилляром приблизительно до половины верхнего расширения и наблюдают время прохождения мениска жидкости между двумя метками, расположенными между двумя расширениями (верхняя метка) и в верхней части капилляра (нижняя метка).

Время засекают секундомером с точностью до 0,1 с.

Для исследования берут растворы $\text{Fe}(\text{OH})_3$ и желатина с концентрацией 0,1%, 0,2%, 0,5%, 1%, (0,75%). Проводят серию измерений при комнатной температуре и при $t = 50^\circ\text{C}$. Среднее время истечения каждого раствора в вискозиметре определяют по пяти проведенным измерениям. Вязкость раствора вычисляют по формуле:

$$\eta = \kappa \cdot t, \quad (24)$$

где η – кинематическая вязкость в сантистоксах (сст);

t – среднее время истечения жидкости, с;

κ – константа вискозиметра (из описания прибора).

На основании полученных данных строят графики зависимости вязкости исследованных растворов от концентрации и температуры.

5. Содержание отчета

Отчет составляется с указанием цели, задания, экспериментальной части и выводов. Результаты выводов заносятся в таблицу 16.

Зависимость среднего времени истечения растворов от концентрации и температуры

Вещество	Температура	Концентрация, %			
		0,1	0,2	0,5	1
Fe(OH) ₃	комнатная				
	50°C				
желатин	комнатная				
	50°C				

Расчетная часть включает определение кинематической вязкости растворов Fe(OH)₃ и желатина различной концентрации и построение графиков, характеризующих зависимость вязкости от концентрации и температуры растворов. Выводы включают заключение о сравнительной вязкости исследованных растворов и зависимости ее от концентрации раствора. Делается вывод о наличии структурной вязкости у растворов желатина. В отчете изображают схему вискозиметра, взятую из его описания.

6. Вопросы для самопроверки

1. Что называется вязкостью растворов?
2. В каких единицах измеряется вязкость?
3. Какие системы называются нормально вязкими и структурированными?
4. Какова связь между концентрацией и вязкостью в структурированных системах?

ОЧИСТКА КОЛЛОИДНЫХ СИСТЕМ

1. Цель работы

Изучить основные методы очистки коллоидных систем.

2. Задание

- 1.1. Провести очистку солевого раствора белка методом диа-

лиза при различных температурах.

1.2. Провести очистку солевого раствора белка методом диализа с заменой диализата.

1.3. Провести очистку солевого раствора белка методом электролиза.

1.4. Выводы. Заключение.

1.5. Оформление отчета.

3. Теоретическая часть

В полученных тем или иным способом коллоидных системах всегда будут в том или ином количестве низкомолекулярные примеси. Очистку коллоидных систем осуществляют методами *диализа, электродиализа и ультрафильтрации*.

Диализом называют метод очистки коллоидных растворов и растворов высокомолекулярных соединений от низкомолекулярных примесей с помощью полупроницаемых мембран. Метод основан на способности частиц низкомолекулярных примесей проходить через полупроницаемую перегородку, в то время как коллоидные частицы, имеющие гораздо большие размеры, через поры мембран практически не проходят. В качестве полупроницаемых мембран используют животные (бычий пузырь), растительные (пергамент), искусственные (коллодий, целлофан) материалы. Диализатор представляет собой мешочек из полупроницаемого материала (или сосуд с пространством, ограниченным мембраной, который опущен в сосуд с чистым растворителем). В мешочек помещают диализируемую жидкость. Интенсификация диализа осуществляется увеличением поверхности полупроницаемой мембраны, сменой диализата на чистый растворитель, повышением температуры, ускоряющей диффузию. Поскольку низкомолекулярные примеси в золях обычно являются электролитами, диализ можно ускорить путем наложения на диализируемую жидкость электрического поля. Такой метод очистки коллоидных систем носит название электродиализа. В этом случае диализатор состоит из трех стеклянных камер, отделенных друг от друга двумя полупроницаемыми мембранами. В среднюю камеру помещают диализируемую жидкость и вводят мешалку, обеспечивающую перемешивание золя при электродиализе. В боковых камерах установлены электроды и специальные трубки для ввода

растворителя и вывода диализата. Ультрафильтрацией называют диализ, осуществляемый под давлением. Ультрафильтрацией можно в той или иной системе отделить дисперсионную среду от дисперсной фазы. Разбавление концентрированного золя растворителем даже после однократной ультрафильтрации приводит к получению коллоидного раствора со значительно более низким содержанием низкомолекулярных примесей. Для ультрафильтрации применяют ультрафильтры определенной пористости,готавливаемые различными путями. Например, ультрафильтры Бехгольда получают путем нанесения на стены пористого фарфорового сосуда разбавленного коллодия и последующего его высушивания.

Ультрафильтрацию в ряде случаев используют для получения межмицеллярной жидкости, для разделения дисперсных систем на фракции и для оценки дисперсной фракции, при проведении серии операций через ультрафильтры с различной пористостью.

4. Порядок выполнения работы

4.1. В диализатор помещают 1 мл солевого раствора белка. Во внешнюю часть сосуда наливают дистиллированную воду в количестве на 1–2 мм выше поверхности диализируемого белка. Через каждые 15 мин проводят пробу на хлориды в диализируемой жидкости. При получении отрицательной пробы отмечают время диализа и проводят пробы на хлориды в диализате, на белок в диализате, на белок в диализируемой жидкости. Диализ проводят в четырех одинаковых диализаторах: в первом при комнатной температуре, во втором при температуре 50°C, в третьем с заменой диализата на дистиллированную воду через каждые 15 мин, а в четвертом под влиянием постоянного электрического тока. При проведении диализа при повышенной температуре диализатор помещают в водяную баню, температуру которой постоянно контролируют с помощью термометра. Не допускается повышение температуры более 55°C, что может привести к нарушению структуры мембраны.

4.2. Проба на хлориды. К одной капле анализируемой жидкости добавляют одну каплю 1%-ного раствора HNO_3 и одну каплю 1%-ного раствора AgNO_3 . Выпадает осадок хлорида серебра. Пробу проводят на предметном стекле, осадок удобнее наблюдать

на темном фоне.

4.3. Проба на белок (биуретовая реакция). К десяти каплям исследуемой жидкости добавляют пять капель 10%-ного раствора гидроксида натрия и одну каплю 1%-ного раствора сульфата меди (II). Развивается фиолетовое окрашивание, свидетельствующее о наличии белка в анализируемой пробе.

4.4. Заключение. Выводы.

На основании проведенных опытов делается вывод о возможностях очистки растворов методом диализа в различных условиях. Экспериментальные данные сводятся в таблице 17, где знаком «+» обозначаются положительные пробы, знаком «-» – отрицательные.

Таблица 17

**Данные качественных проб
на хлориды в диализируемой жидкости**

Время условия диализа (мин)	15	30	45	60	75	90	105	120
При комнатной температуре								
При температуре 50°C								
Со сменой диализата								
В электрическом поле								

5. Содержание отчета

Отчет составляют с указанием цели, задания, экспериментальной части, выводов. В отчете приводят качественные реакции и схему электролиза.

6. Вопросы для самопроверки

1. Каковы основные методы очистки коллоидных систем и на чем они основаны?
2. Какие полупроницаемые материалы используются для очистки коллоидных систем?
3. Какими приемами осуществляют интенсификацию диализа?
4. Какова конструкция диализатора при электродиализе?

5. От каких примесей очищают коллоидные системы электродиализом?

6. Что такое ультрафильтрация и в каких случаях используется этот метод?

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИЗОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ТОЧКИ БЕЛКА

1. Цель работы

Определение изоэлектрической точки различных белков при использовании буферных смесей со стандартными значениями *pH*.

2. Задание

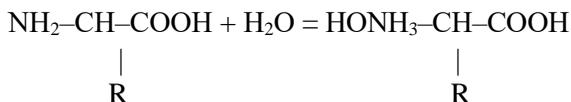
2.1. Приготовить различные буферные смеси со стандартными значениями *pH*.

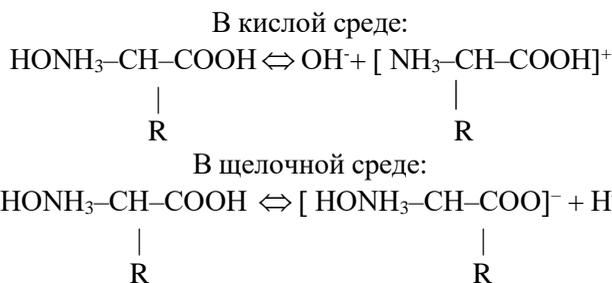
2.2. Определить изоэлектрическую точку альбумина, желатина и казеина по степени мутности и объему осадка приготовленных растворов с добавкой водоотнимающих средств.

3. Теоретическая часть

Белки относятся к высокомолекулярным соединениям, молекулы которых построены из аминокислот, соединенных друг с другом посредством пептидной связи. Свойства белков зависят главным образом от числа пептидных групп, состава аминокислот и их последовательности в пептидной цепочке. Белки являются электролитами, поскольку входящие в их состав ионогенные группы – основные ($-\text{NH}_2$) и кислотные ($-\text{COOH}$) – способны к диссоциации. В зависимости от реакции среды белок отщепляет различные группировки и приобретает либо положительный, либо отрицательный заряд. Такие электролиты называются амфолитами.

Схема диссоциации белка в водном растворе может быть представлена так:





При некоторых значениях рН процесс отщепления групп H^+ и OH^- протекает с одинаковой интенсивностью, макромолекулы белка в этом случае *электронейтральны*, т. е. находятся в изоэлектрическом состоянии и обладают особыми свойствами. Значения рН, соответствующие изоэлектрическому состоянию, называются *изоэлектрической точкой белка* (ИЭТ) и для большинства природных белков лежат в слабокислой области (рН = 4,5–5,4).

В изоэлектрической точке молекулы белка сворачиваются в клубок, т. е. приобретают глобулярное строение, что обеспечивает минимальную вязкость белковых растворов. В этом состоянии для белка характерна минимальная электропроводность, склонность к коагуляции, максимальная способность к адсорбции и ряд других особых свойств.

4. Порядок выполнения работы

4.1. Для определения изоэлектрической точки альбумина готовят буферные смеси, для чего в 6 пробирок наливают 0,2 М раствор Na_2HPO_4 и 0,1 М раствор лимонной кислоты в количествах, указанных в табл. 1. В каждую пробирку к 1 мл полученной смеси приливают 0,5 мл 1%-ного раствора альбумина и 2 мл этилового спирта в качестве водоотнимающего средства. Содержимое пробирок перемешивают и через 30–40 минут определяют степень помутнения раствора в каждой пробирке. Данные заносят в таблицу 18, При этом отсутствие мутн. отмечают знаком «←», наличие и степень мутности – одним или двумя знаками «+». По наибольшей степени мутности определяют величину рН, соответствующую

изоэлектрической точке альбумина.

Таблица 18

Определение изоэлектрической точки альбумина

Номер пробирки	0,2 М Na_2HPO_4 , мл	0,1 М лимонной кислоты, мл	pH буфера	Степень мутности
1	0,25	0,75	3,2	
2	0,34	0,66	3,7	
3	0,41	0,59	4,2	
4	0,48	0,52	4,7	
5	0,54	0,46	5,2	
6	0,66	0,34	5,7	

4.2. Для определения изоэлектрической точки желатина готовят буферные смеси, для чего в пять пробирок наливают 0,2 М раствор CH_3COONa и 0,2 М раствор CH_3COOH в количествах, указанных в табл. 2. В каждую пробирку к 1 мл буферной смеси добавляют 0,5 мл 1%-ного раствора желатина и 1 мл раствора таннина. Содержимое пробирок перемешивают и через 30–40 минут определяют степень мутности раствора в каждой пробирке, аналогично п. 4.1. Данные заносят в таблицу 19 и определяют pH, соответствующую изоэлектрической точке желатина.

Таблица 19

Определение изоэлектрической точки желатина

Номер пробирки	0,2 М CH_3COONa , мл	0,2 М CH_3COOH , мл	pH буфера	Степень мутности
1	0,1	0,9	3,8	
2	0,2	0,8	4,2	
3	0,5	0,5	4,8	
4	0,8	0,2	5,4	
5	0,9	0,1	5,7	

4.3. Для определения изоэлектрической точки казеина в семь пробирок наливают 0,2 М раствор CH_3COOH и дистиллированную воду в количествах, указанных в табл. 3. Затем в каждую

пробирку прибавляют по 0,2 мл 0,4%-ного раствора казеина. При этом в пробирках устанавливается определенное значение pH. Через 30–40 минут фиксируют степень мутности растворов аналогично п. 4.1 и данные заносят в таблицу 20, определяя pH, соответствующую изоэлектрической точке казеина.

Таблица 20

Определение изоэлектрической точки казеина

Номер пробирки	0,2 М CH ₃ COOH, мл	Вода, мл	pH смеси	Степень мутности
1	1,6	0,4	3,8	
2	0,8	1,2	4,1	
3	0,4	1,6	4,4	
4	0,2	1,8	4,7	
5	0,1	1,9	5,0	
6	0,06	1,94	5,3	
7	0,03	1,97	5,6	

5. Содержание отчета

Отчет составляется с указанием цели работы, задания, результатов экспериментов и выводов.

Экспериментальные данные приводятся в форме таблиц. Выводы должны содержать заключение о значении pH, соответствующем изоэлектрической точке каждого из исследованных белков.

6. Вопросы для самопроверки

1. В чем особенность свойств белков как электролитов?
2. Каков механизм диссоциации белков в кислой и щелочной среде?
3. Что называется изоэлектрической точкой белков?
4. Каковы особенности белков в изоэлектрической точке?
5. Какие методы определения изоэлектрической точки белков применяются в лабораторных исследованиях?

СОЛЮБИЛИЗАЦИЯ В РАСТВОРАХ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ (ПАВ)

1. Цель работы

Изучение солюбилизирующей способности растворов коллоидных поверхностно-активных веществ (ПАВ) рефрактометрическим методом.

2. Задание

2.1. Определить рефрактометрическим методом величину солюбилизации в системах:

- а) водный раствор СМС – бензол (толуол),
- б) водный раствор стеарата натрия – бензол (толуол).

2.2. Определить зависимость солюбилизации от концентрации ПАВ в системах:

- а) водный раствор СМС – толуол,
- б) водный раствор стеарата натрия – толуол.

2.3. Выводы. Заключение.

2.4. Оформление отчета.

3. Теоретическая часть

Большинство коллоидных растворов представляют собой гетерогенные и термодинамические неравновесные системы. Растворы многих поверхностно-активных веществ (ПАВ) в одних условиях могут представлять собой истинные растворы, а в других становиться золями, структурированными жидкостями или даже гелями. Такие системы обратимы и термодинамически равновесны. Растворы таких веществ содержат частицы, состоящие из агрегатов молекул, что позволяет отнести растворы к лиофильным коллоидным системам, так как они обладают гетерогенностью и высокой дисперсностью, но в отличие от лиофобных коллоидных систем термодинамически равновесны и агрегативно устойчивы.

Поверхностно-активные вещества, способные переходить в растворах из молекулярного раздробления в коллоидное, называ-

ют коллоидными ПАВ. Наиболее типичными представителями коллоидных ПАВ являются мыла. Коллоидные ПАВ, как и все поверхностно-активные вещества, характеризуются малой истинной растворимостью и способностью снижать поверхностное и межфазное натяжение в разбавленных растворах вследствие адсорбции и ориентации молекул на поверхности раздела. Наряду с этим при некоторой концентрации, называемой критической концентрацией мицеллообразования (ККМ), начинают образовываться агрегаты молекул – мицеллы, вследствие чего общая растворимость ПАВ резко увеличивается. Для того чтобы произошло мицеллообразование, необходимо, чтобы ПАВ, с одной стороны, имело достаточно большой углеводородный радикал, снижающий растворимость в воде, с другой – обладало достаточно сильной полярной группой, способствующей растворимости.

По своему строению коллоидные ПАВ подразделяются на *анионные* (соли высших карбоновых кислот), *катионные* (соли аминов) и *неионогенные*, содержащие полярные, но неионогенные группы на конце углеводородной цепи. Важной характеристикой коллоидных ПАВ, имеющей решающее значение для их поверхностных и объемных свойств, а, следовательно, для их применения, является соотношение гидрофильной и гидрофобной групп на противоположных частях молекулы, или гидрофильно-гидрофобный баланс. Мицеллы коллоидных ПАВ представляют собой сферические агрегаты, в которых углеводородные цепи молекул переплелись в объемные частицы, а полярные группы обращены наружу (в воду). Число молекул ПАВ в агрегате обычно составляет 50–100, а в ряде случаев до 1000 единиц с образованием пластинчатых мицелл. ПАВ обладают высокой стабилизирующей способностью вследствие адсорбции на границе раздела фаз с образованием двойного ионного слоя. В ряде случаев концентрированные растворы ПАВ вызывают самопроизвольное диспергирование, или коллоидное растворение. Это свойство растворов ПАВ называют солубилизацией.

Солубилизация (коллоидное растворение) – это самопроизвольный переход нерастворимых или малорастворимых веществ под действием поверхностно-активных веществ в коллоидный раствор. Наиболее ярко выражена солубилизация в системах «органические вещества, нерастворимые в воде – водные растворы коллоидных ПАВ». Солубилизация в этом случае представляет собой растворе-

ние органических веществ в мицеллах ПАВ. Таким образом, в ядрах мицелл помимо углеводородных концов молекул ПАВ будут находиться молекулы органических веществ солюбилизатора. Количество солюбилизованного вещества (солюбилизатора) увеличивается с увеличением концентрации ПАВ и зависит от природы солюбилизатора. С увеличением молекулярного веса солюбилизатора, например, гомологов, солюбилизация уменьшается. Введение в солюбилизатор полярных групп обычно увеличивает солюбилизацию.

Рефрактометрический метод определения солюбилизации углеводородов и их производных в водном растворе коллоидных ПАВ основан на том, что удельная рефракция раствора возрастает по мере увеличения в нем количества солюбилизованного углеводорода и достигает наибольшего и постоянного значения при предельном коллоидном растворении. Предельная солюбилизация может быть рассчитана на основании правила аддитивности удельных рефракций. При этом предполагается, что эмульгирование избытка добавленного углеводорода не мешает определению, так как микрокапли эмульсии вызывают лишь рассеивание света, но не влияют на величину показателя преломления. Явление солюбилизации играет большую роль в моющем действии мыл, особенно если загрязнения имеют маслянистый характер. При синтезе латексов полимеризация непредельных углеводородов идет в солюбилизованных эмульсиях. При производстве маргарина используется обратная солюбилизация – коллоидное растворение воды в маслах в присутствии соответствующих ПАВ.

4. Порядок выполнения работы

4.1. К пробам объемом в 10 мл 0,01М раствора стеарата натрия добавляют 0,5, 1,0, 1,5, 2,5 мл толуола или бензола. Смеси диспергируют с помощью УЗДН-1У42 в течение 2 мин и выдерживают в течение нескольких минут в покое. Затем определяют показатель преломления на рефрактометре каждой смеси и вновь диспергируют в течение 1–2 мин. Операцию диспергирование–определение показателя преломления повторяют до получения постоянного значения показателя преломления.

4.2. Выполняют опыт 1, используя в качестве коллоидного ПАВ 0,01 М раствор синтетического моющего средства (СМС).

4.3. Строят диаграммы зависимости показателя преломления

от объемной концентрации органического вещества и определяют предельную солюбилизацию для стеарата натрия и СМС.

4.4. Приготавливают серию растворов ПАВ 0,01, 0,05, 0,1, 0,15 М. Затем к 10 мл каждого раствора добавляют 2 мл бензола или толуола. Смеси диспергируют с помощью ультразвука, а затем определяют показатель преломления (см. п. 4.1). Строят диаграмму зависимости показателя преломления от концентрации ПАВ.

4.5. Выводы. Заключение.

На основании проведенных опытов делается вывод о солюбилизирующей способности коллоидных ПАВ.

5. Содержание отчета

Отчет составляется с указанием цели, задания, экспериментальной части и выводов.

Экспериментальные данные сводятся в таблицы 21, 22.

Таблица 21

Зависимость показателей преломления раствора от объема органического вещества в системе при коллоидном растворении

№ пп	Объем бензола, мл	Показатель преломления	
		бензол – р-р стеарата	бензол – р-р СМС
1	0,5		
2	1,0		
3	1,5		
4	2,5		

По экспериментальным данным таблицы 21 строят график зависимости показателя преломления от объема добавленного в систему солюбилизатора и определяют предельную солюбилизацию.

Таблица 22

Зависимость показателя преломления раствора от концентрации ПАВ

№ пп	Концентрация ПАВ, М	Показатель преломления	
		стеарат – бензол	СМС – бензол

1	0,01		
2	0,05		
3	0,1		
4	0,15		

На основании экспериментальных данных таблицы 22 строят график зависимости показателя преломления для исследованных ПАВ от их концентрации в растворе.

Выводы включают в себя заключения о солюбилизации в исследуемых системах.

6. Вопросы для самопроверки

1. Какие вещества называются поверхностно-активными (ПАВ) и на какие классы они подразделяются?
2. Каковы особенности коллоидных ПАВ?
3. Какое свойство растворов коллоидных ПАВ называют солюбилизацией?
4. Каков механизм коллоидного растворения?
5. Какие факторы влияют на солюбилизацию?
6. На чем основан рефрактометрический метод определения солюбилизации?
7. Какую роль играет явление солюбилизации?

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. *Белик В.В.* Физическая и коллоидная химия: учебник. — М.: Академия, 2005. — 288 с.

Дополнительная

2. *Ипполитов Е.Г.* Физическая химия: учебник. — М.: Академия, 2005. — 448 с.

3. Общая химия. Биофизическая химия. Химия биогенных элементов: Учебник/ Под ред. Ю.А. Ершова. — М.: Высшая школа, 2000. — 560 с.

4. *Соколов Р.С.* Химическая технология: учеб. пособие. Т.1. — М.: Владос, 2000. — 368 с.

5. *Коровин Н.В.* Общая химия: учебник. — М.: Высшая школа, 2000. — 558 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица 1

Буферные растворы

Состав раствора	рН (при 25°С)
25 мл 0,2М КСl + 5,3 мл 0,2н. НСl + вода до 100 мл	2,00
50 мл 0,2н. СH ₃ СООNa + 50 мл 0,2н. СH ₃ СООН	4,62
94 мл 0,2М Н ₃ ВO ₃ + 6 мл 0,05М Na ₂ В ₄ O ₇ · 10 Н ₂ O	7,09
20 мл 0,2М Н ₃ ВO ₃ + 80 мл 0,05М Na ₂ В ₄ O ₇ · 10 Н ₂ O	8,98
60 мл 0,05М Na ₂ В ₄ O ₇ · 10Н ₂ O + 40 мл 0,1н. КОН + вода до 100 мл	9,97
50 мл 0,1М Na ₂ СО ₃ + 3 мл 0,1н. NaОН + вода до 100 мл	11,04

Таблица 2

Плотность воды ρ при различных температурах

t, °С	ρ, г/см ³	t, °С	ρ, г/см ³	t, °С	ρ, г/см ³
10	0,9997	18	0,9986	26	0,9968
11	0,9996	19	0,9984	27	0,9965
12	0,9995	20	0,9982	28	0,9963
13	0,9994	21	0,9980	29	0,9960
14	0,9993	22	0,9978	30	0,9957
15	0,9991	23	0,9976	40	0,9922
16	0,9990	24	0,9973	50	0,9881
17	0,9988	25	0,9971		

Таблица 3

Давление насыщенного пара воды

t, °С	p, мм рт. ст.	t, °С	p, мм рт. ст.
15	12,79	21	18,65
16	13,63	22	19,83
17	14,53	23	21,07
18	15,48	24	22,38
19	16,48	25	23,76
20	17,53	26	25,21

Таблица 4

**Константы замерзания
(криоскопические постоянные) растворителей**

Вещество	Температура плавления, °С	Теплота плавления, кал/г	Криоскопическая постоянная
Вода	0	79,67	1,86
Диоксан	11,7-13	34,85	4,71
Бензол	5,45	30,40	5,07
Уксусная кислота	16,65	46,7	3,6
Камфора	178,5	10,1	40

Таблица 5

Цветные индикаторы

Индикатор	pK индикатора	Зона перехода окраски, pH	Изменение цвета
Д в у х ц в е т н ы е			
Метилвый оранжевый	3,7	3,1-4,4	Красный – желтый
Метилвый красный	5,1	4,2-6,3	То же
Бромкрезоловый пурпурный	6,3	5,2-6,8	Желтый – пурпурный
Феноловый красный	7,9	6,8-8,4	Желтый – красный
О д н о ц в е т н ы е			
β -Динитрофенол	3,7	2,2-4,0	Бесцветный – желтый
α -Динитрофенол	4,0	2,8-4,5	Бесцветный – желтый
γ -Динитрофенол	5,15	4,0-5,5	Бесцветный – желтый
n-Нитрофенол	7,15	5,6-7,6	Бесцветный – желтый
m-Нитрофенол	8,3	6,7-8,4	Бесцветный – желтый
Фенолфталеин	9,4	8,3-10,0	Бесцветный – красный

Таблица 6

Значения функции $\frac{n^2 - 1}{n^2 + 2} \cdot 10^4$ для $n = 1,300 \div 1,699$

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1,30	1870	1876	1881	1887	1893	1898	1904	1910	1916	1921
1,31	1927	1933	1938	1944	1950	1955	1961	1967	1972	1978
1,32	1984	1989	1995	2001	2006	2012	2018	2023	2029	2034
1,33	2040	2046	2051	2057	2063	2068	2074	2079	2085	2090
1,34	2096	2102	2107	2113	2118	2124	2130	2135	2141	2146
1,35	2152	2157	2163	2168	2174	2179	2185	2190	2196	2202
1,36	2207	2212	2218	2224	2229	2234	2240	2245	2251	2256
1,37	2262	2267	2273	2278	2284	2289	2295	2300	2306	2311
1,38	2316	2322	2327	2333	2338	2344	2349	2354	2360	2365
1,39	2370	2376	2381	2387	2392	2397	2403	2408	2414	2419
1,40	2424	2435	2440	2446	2451	2456	2462	2467	2467	2472
1,41	2478	2483	2488	2494	2499	2504	2510	2515	2520	2525
1,42	2531	2536	2541	2546	2552	2557	2562	2568	2573	2578
1,43	2583	2588	2594	2599	2604	2609	2615	2620	2625	2630
1,44	2636	2641	2646	2651	2656	2662	2667	2672	2677	2682
1,45	2687	2693	2698	2703	2708	2713	2718	2724	2729	2734
1,46	2739	2744	2749	2754	2759	2764	2770	2775	2780	2785
1,47	2790	2795	2800	2805	2810	2815	2820	2826	2831	2836
1,48	2841	2846	2851	2856	2861	2866	2871	2876	2881	2886
1,49	2891	2896	2901	2906	2911	2916	2921	2926	2931	2936
1,50	2941	2946	2951	2956	2961	2966	2971	2976	2981	2986
1,51	2991	2996	3001	3006	3011	3016	3020	3025	3030	3035
1,52	3040	3045	3050	3055	3060	3065	3070	3074	3079	3084
1,53	3089	3094	3099	3104	3108	3113	3118	3123	3128	3133
1,54	3138	3142	3147	3152	3157	3162	3166	3171	3176	3181
1,55	3186	3190	3195	3200	3205	3210	3214	3219	3224	3229
1,56	3234	3238	3243	3248	3252	3257	3262	3267	3272	3276
1,57	3281	3286	3290	3295	3300	3304	3309	3314	3319	3323
1,58	3328	3333	3337	3343	3347	3351	3356	3361	3365	3370
1,59	3375	3379	3384	3389	3393	3398	3403	3407	3412	3416
1,60	3421	3426	3430	3435	3440	3444	3449	3453	3458	3462
1,61	3467	3472	3476	3481	3485	3490	3494	3499	3504	3508
1,62	3513	3517	3522	3526	3531	3535	3540	3544	3549	3553
1,63	3558	3562	3567	3572	3576	3580	3584	3589	3594	3598
1,64	3603	3607	3612	3616	3621	3625	3630	3634	3638	3643
1,65	3647	3652	3656	3661	3665	3670	3674	3678	3683	3687
1,66	3692	3696	3700	3705	3709	3714	3718	3722	3727	3731
1,67	3736	3740	3744	3749	3753	3757	3762	3766	3770	3775
1,68	3779	3783	3788	3792	3796	3801	3805	3809	3814	3818
1,69	3822	3826	3831	3835	3839	3844	3848	3852	3856	3861

Атомные рефракции R_D (см³/г-ат)

Водород	1,100
Углерод	2,418
СН ₂ – группа	4,618
Кислород гидроксильный	1,525
Кислород эфирный	1,643
Кислород карбонильный	2,211
Фтор	0,997
Хлор	5,967
Бром	8,865
Йод	13,900
Сера в R – SH	7,69
Азот:	
– первичные алифатические амины	2,322
– вторичные алифатические амины	2,502
– третичные алифатические амины	2,840
– первичные ароматические амины	3,016
– нитрилы	3,118
– имиды	3,776
– Нитрогруппа (в алкилнитратах)	7,95
– Нитрогруппа (в нитроарилах)	7,30
Инкременты:	
– Двойной связи	1,733
– Тройной связи	2,398
– Трехчленного цикла	0,7
– Четырехчленного цикла	0,46
– Цикла C ₈ =C ₁₅	0,55

Ионное произведение воды $K_B = a_{H^+} \cdot a_{OH^-}$
при различных температурах

t, °C	$K_B \cdot 10^{14}$	t, °C	$K_B \cdot 10^{14}$
0	0,1139	18	0,5720
5	0,1846	20	0,6809
10	0,2920	21	0,742
15	0,4505	22	0,802
23	0,868	35	2,089
24	0,948	40	2,919
25	1,008	45	4,018
30	1,469	50	5,474
55	7,297	60	9,297
100	59,0		

