



Федеральное агентство по рыболовству
БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»
Калининградский морской рыбопромышленный колледж

УТВЕРЖДАЮ
Заместитель начальника колледжа
по учебно-методической работе
А. И. Колесниченко

ОП.03 ФИЗИЧЕСКАЯ И КОЛЛОИДНАЯ ХИМИЯ

Методическое пособие для выполнения лабораторных занятий по дисциплине

35.02.10 Обработка водных биоресурсов

МО-35 02 10-ОП.03.ЛЗ

РАЗРАБОТЧИК	Пляскина Н.М.
ЗАВЕДУЮЩИЙ ОТДЕЛЕНИЕМ	Судьбина Н.А.
ГОД РАЗРАБОТКИ	2025

МО-35 02 10-ОП.03.ЛЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ФИЗИЧЕСКАЯ И КОЛЛОИДНАЯ ХИМИЯ	С.2/28

Содержание

Перечень лабораторных занятий	3
Введение	3
1 ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ	6
1.1 Агрегатные состояния вещества	6
Лабораторное занятие № 1. Определение поверхностного натяжения жидкости	6
1.2 Основы химической термодинамики, термохимии и химической кинетики	8
Лабораторное занятие № 2. Определение теплового эффекта химических реакций. Тепловые явления при растворении	8
Лабораторное занятие № 3. Определение скорости химических реакций. Факторы, влияющие на скорость химических реакций	11
1.4 Свойства растворов	14
Лабораторное занятие № 4. Определение pH среды различными методами	14
1.4 Сорбционные процессы	17
Лабораторное занятие № 5. Адсорбция уксусной кислоты активированным углем	17
2 КОЛЛОИДНАЯ ХИМИЯ	21
2.2 Гидрофобные коллоидно-дисперсные системы	21
Лабораторное занятие № 6. Получение коллоидных систем	21
2.5 Структурообразование в коллоидных системах	24
Лабораторное занятие № 7. Набухание полимеров	24
Список использованных источников	28

МО-35 02 10-ОП.03.ЛЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ФИЗИЧЕСКАЯ И КОЛЛОИДНАЯ ХИМИЯ	С.3/28

Введение

Рабочей программой дисциплины «Химия» для специальности 35.02.10 «Обработка водных биоресурсов» предусмотрено проведение семи лабораторных занятий.

Целью проведения лабораторных занятий является закрепление теоретических знаний, отработка приемов и приобретение необходимых навыков лабораторных исследований. Лабораторный практикум направлен на стимулирование познавательного интереса обучающихся и ориентирован на будущую профессиональную деятельность.

В результате освоения материала по лабораторным работам у учащихся формируются следующие компетенции: ПК 1.1, 1.6, ПК 2.1,2.6, ПК 3.1.,3.4.

Перед проведением лабораторной работы обучающиеся обязаны проработать соответствующий материал, уяснить цель занятия, ознакомиться с содержанием и последовательностью его проведения, а преподаватель – проверить их знания и готовность к выполнению работы, провести инструктаж по технике безопасности.

Лабораторные работы выполняются в оборудованной лаборатории химии. Для выполнения лабораторной работы учебная группа разбивается на две подгруппы (по 12–15 человек). Работа выполняется обучающимися индивидуально и самостоятельно. Некоторые опыты могут быть вынесены на демонстрационный эксперимент. Перед выполнением первой лабораторной работы проводится вводный инструктаж по технике безопасности для обучающихся об общих правилах работы и поведения в лаборатории по специальной инструкции. Отметка о проведении вводного инструктажа по технике безопасности делается в специальном журнале под роспись учащихся. При подготовке к лабораторной работе преподаватель и лаборант проверяют исправность необходимого оборудования и комплектование рабочего места обучающегося.

После выполнения опыта обучающийся должен записать результат испытания с приведением необходимых таблиц, уравнений реакций и расчетных формул. В конце отчета по лабораторной работе обучающийся должен сделать заключение (вывод), сопоставив опытные данные с теоретическими выкладками, со справочными данными.

Записи делаются лаконично и аккуратно в специальной тетради, таблицы и графики – карандашом.

МО-35 02 10-ОП.03.ЛЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ФИЗИЧЕСКАЯ И КОЛЛОИДНАЯ ХИМИЯ	С.4/28

В процессе выполнения лабораторных занятий необходимо развивать познавательный интерес, самостоятельность обучающегося, обращать особое внимание на интегративный принцип в обучении, прививать обучающимся умение тщательно выполнять работу, бережно относиться к лабораторной посуде и приборам, экономно расходовать реактивы, строго соблюдать меры безопасности при работе в лаборатории, рационально использовать рабочее время.

Контроль и оценка знаний обучающихся должны проводиться систематически после изучения каждой темы предмета. Это должно осуществляться путем фронтального и индивидуального опроса, тестирования, защитой контрольной задачи по результатам собеседования во время лабораторных занятий. При оценке лабораторной работы учитываются техника ее выполнения, качество оформления лабораторного журнала, точность результатов анализа.

В последние годы в системе среднего профессионального образования широко стал использоваться тестовый контроль. Его популярность обусловлена многими причинами как содержательного, так и технологического характера. Сюда можно отнести выделение в содержании учебного предмета инвариантной части усвоения, которая обязательна для студента, и внесения в учебные программы вариативного компонента, позволяющего развивать способности студентов, их познавательный и профессиональный интерес. Тестовый контроль может быстрее, чем традиционный, проверить знания обучающихся, прост для оценивания в современной системе обработки информации и, как правило, является обязательной составной частью новых педагогических технологий.

После каждой лабораторной работы проводится зачет. На зачете обучающийся должен: знать теорию по данной теме; пояснить, как проводится лабораторный эксперимент; уметь проанализировать полученные результаты (в соответствии с основными требованиями к знаниям и умениям по данной теме рабочей программы).

МО-35 02 10-ОП.03.ЛЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ФИЗИЧЕСКАЯ И КОЛЛОИДНАЯ ХИМИЯ	С.5/28

Перечень лабораторных занятий

№ п/п	Наименование практического занятия	Количество часов
1	Лабораторное занятие № 1 Определение поверхностного натяжения жидкости	2
2	Лабораторное занятие № 2 Определение теплового эффекта химических реакций. Тепловые явления при растворении	2
3	Лабораторное занятие № 3 Определение скорости химических реакций. Факторы, влияющие на скорость химических реакций	2
4	Лабораторное занятие № 4 Определение pH среды различными методами	2
5	Лабораторное занятие № 5 Адсорбция уксусной кислоты активированным углем	4
6	Лабораторное занятие № 6 Получение коллоидных систем	4
7	Лабораторное занятие № 7 Набухание полимеров	2
Всего		18

МО-35 02 10-ОП.03.ЛЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ФИЗИЧЕСКАЯ И КОЛЛОИДНАЯ ХИМИЯ	С.6/28

1 ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

1.1 Агрегатные состояния вещества

Лабораторное занятие № 1 Определение поверхностного натяжения жидкости

Цель работы:

Ознакомиться с методами определения поверхностного натяжения жидкостей
ПК 1.1, 1.6, ПК 2.1,2.6, ПК 3.1.,3.4.

Материальное обеспечение:

- аналитические весы;
- разновесы;
- бюксы;
- сталагмометры (капельницы);
- вода дистиллированная;
- исследуемые жидкости (бензол, глицерин, этиловый спирт, ацетон, растительное масло и др.).

Используемые источники: [1], [2], [3].

Теоретическая часть:

Поверхностным натяжением обладают только жидкости. Поверхностное натяжение – это работа по увеличению поверхности жидкости.

Причиной образования поверхностного натяжения является межмолекулярное взаимодействие. Молекула верхнего слоя жидкости втягивается силами притяжения со стороны молекул внутри жидкости, поэтому поверхность жидкости всегда стремится сократиться. Наличие в поверхностном слое молекул жидкости с некомпенсированными силами приводит к созданию избыточной поверхностной энергии, которая также стремится уменьшиться.

Существует большое число методов определения поверхностного натяжения. Наиболее распространены сталагмометрический метод (метод счета капель) и метод наибольшего давления газовых пузырьков.

Сталагмометрический метод неточен, но применяется часто из-за простоты и быстроты определения. Метод заключается в определении массы капли, вытекающей из капилляра. В момент отрыва масса капли преодолевает силу поверхностного натяжения, которое удерживает каплю на конце капиллярной трубки.

*Документ управляется программными средствами 1С Колледж
Проверь актуальность версии по оригиналу, хранящемуся 1С Колледж*

МО-35 02 10-ОП.03.ЛЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ФИЗИЧЕСКАЯ И КОЛЛОИДНАЯ ХИМИЯ	С.7/28

Чем больше капля, тем больше поверхностное натяжение. Зная число капель воды и исследуемой жидкости и их массы, поверхностное натяжение исследуемой жидкости σ , н/м, вычисляют по формуле

$$\sigma_1 = \sigma_2 (m_1 - m_0) \cdot n_2 / (m_2 - m_0) \cdot n_1, \quad (1)$$

где σ_1 – поверхностное натяжение исследуемой жидкости, н/м;

σ_2 – поверхностное натяжение дистиллированной воды, равное 72,75 н/м;

m_0 – масса пустого бюкса, г;

m_1 – масса бюкса с исследуемой жидкостью, г;

m_2 – масса бюкса с дистиллированной водой, г;

n_1 – число капель исследуемой жидкости, шт.;

n_2 – число капель дистиллированной воды, шт.

Содержание и порядок выполнения работы:

1 Ознакомиться с теоретической частью.

2 Получить у лаборанта образец исследуемой жидкости.

3 Выполнить лабораторное исследование:

3.1 Опыт 1. Метод счета капель.

Взвесить на аналитических весах сухой бюкс (m_0), отсчитать 50-100 капель исследуемой жидкости и снова взвесить (m_1).

Заменить исследуемую жидкость дистиллированной водой (50-100 капель) и снова взвесить (m_2).

Для получения более точного результата лабораторного эксперимента необходимо строго соблюдать правила взвешивания на аналитических весах и аккуратность в проведении опыта, используя только сухой бюкс и незагрязненный капилляр капельницы.

4 Рассчитать поверхностное натяжение исследуемой жидкости по формуле (1).

5 Сделать выводы по результатам лабораторного исследования:

5.1 сравнить размер капель исследуемой жидкости и воды;

5.2 объяснить различие в размерах с точки зрения поверхностного натяжения;

5.3 полученный результат сопоставить со справочными данными.

6 Ответить на контрольные вопросы.

*Документ управляется программными средствами 1С Колледж
Проверь актуальность версии по оригиналу, хранящемуся 1С Колледж*

МО-35 02 10-ОП.03.ЛЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ФИЗИЧЕСКАЯ И КОЛЛОИДНАЯ ХИМИЯ	С.8/28

Содержание отчета:

Наименование лабораторной работы

Цель работы

Исследуемый образец жидкости

Отчет о выполнении работы

Даты и подписи курсанта и преподавателя

Вопросы для самопроверки:

1 Чем определяются свойства веществ в различных агрегатных состояниях?

2 Какие физические условия называются нормальными?

3 Что такое идеальный и реальный газы? При каких условиях свойства реального газа приближаются к свойствам идеального?

4 Что понимают под сжижением газа? Промышленное применение.

5 Свойства жидкости: поверхностное натяжение, вязкость, текучесть, кипение, испарение.

6 Что является мерой поверхностного натяжения жидкости?

7 Какие факторы влияют на вязкость жидкости?

8 В чем основное различие в строении кристаллических и аморфных тел?

9 Плавление и сублимация твердых тел. В чем суть явлений?

1.2 Основы химической термодинамики, термохимии и химической кинетики

Лабораторное занятие № 2. Определение теплового эффекта химических реакций. Тепловые явления при растворении

Цель работы:

Ознакомиться с тепловыми эффектами при растворении различных веществ
ПК 1.1, 1.6, ПК 2.1,2.6, ПК 3.1.,3.4.

Материальное обеспечение:

- технические весы;
- разновесы;
- химические стаканы на 50-100 мл;
- мерные цилиндры на 25-50 мл;
- термометры;

МО-35 02 10-ОП.03.ЛЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ФИЗИЧЕСКАЯ И КОЛЛОИДНАЯ ХИМИЯ	С.9/28

- цинковая (магниева) пыль;
- медный купорос;
- хлорид натрия;
- едкий натр;
- нитрат аммония;
- вата;
- часовое стекло;
- палочки стеклянные.

Используемые источники: [1], [2], [3].

Теоретическая часть:

Термохимия – раздел физической химии, изучающий тепловые эффекты химических реакций и переходы вещества из одного агрегатного состояния в другое. Химические реакции сопровождаются выделением (экзотермический процесс) или поглощением (эндотермический процесс) теплоты. Основным законом термохимии является закон Гесса, а также его следствие. Запись химической реакции с указанием теплового эффекта (и его знака), называют термохимическим уравнением. Тепловой эффект выражается обычно в килокалориях или килоджоулях (1 ккал = 4,184 кДж).

Процесс растворения в большинстве случаев представляет собой наложение двух процессов: физического и химического, так как происходит взаимодействие частиц вещества с растворителем, и в то же время равномерное их распределение по всему объему. Растворение газов, жидкостей и твердых веществ протекает с различными тепловыми эффектами по знаку.

Растворение твердых веществ складывается из нескольких процессов, каждый из которых сопровождается тепловым эффектом:

- 1) разрушение кристаллической решетки $-Q_1$;
- 2) процесс сольватации $+Q_2$;
- 3) процесс диффузии, но этот эффект настолько мал, что его не учитывают.

Тепловой эффект растворения твердого тела определяется алгебраической суммой двух теплот.

Содержание и порядок выполнения работы:

- 1 Ознакомиться с теоретической частью.

*Документ управляется программными средствами 1С Колледж
Проверь актуальность версии по оригиналу, хранящемуся 1С Колледж*

МО-35 02 10-ОП.03.ЛЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ФИЗИЧЕСКАЯ И КОЛЛОИДНАЯ ХИМИЯ	С.10/28

2 Выполнить лабораторные исследования:

2.1 Опыт 1. Определение теплового эффекта, замещения меди из раствора ее соли цинком (магнием).

Взвесьте на технических весах 5 г медного купороса и растворите в 50 мл воды в стакане с теплоизоляцией (ватой). Замерьте и запишите температуру полученного раствора. Возьмите 1 г цинковой пыли и высыпьте ее в раствор сульфата меди. Размешайте раствор стеклянной палочкой. При помощи термометра определите максимальную температуру раствора. Количество выделившегося при реакции тепла рассчитайте по формуле:

$$Q = (m_{\text{Zn}} + m_{\text{CuSO}_4} + m_{\text{H}_2\text{O}}) \cdot \Delta t \cdot C, \quad (2)$$

где: m_{Zn} , m_{CuSO_4} , $m_{\text{H}_2\text{O}}$ – масса соответственно цинка (магния), сульфата меди и воды;

Δt – изменение температуры раствора, °C;

C – удельная теплоемкость, Дж/(кг · K), равная приблизительно единице.

Полученный результат пересчитайте на 1 г-атом цинка (магния) и запишите термохимическое уравнение данной реакции.

Опыт 2 Тепловые явления при растворении.

В три пронумерованных стакана налейте по 25 мл воды. Измерьте температуру воды. Взвесьте на весах по 10 г поваренной соли, азотнокислого аммония, едкого натра. Затем высыпьте в 1-й стакан поваренную соль, во 2-й стакан – азотнокислый аммоний, в 3-й – едкий натр.

Растворы данных веществ энергично размешайте стеклянными палочками и измерьте температуру полученных растворов. Температура будет изменяться по-разному. Объясните наблюдаемые явления.

3 Сделать выводы по результатам лабораторных исследований.

4 Ответить на контрольные вопросы.

Содержание отчета:

Наименование лабораторной работы

Цель работы

Отчет о выполнении работы

Даты и подписи курсанта и преподавателя

МО-35 02 10-ОП.03.ЛЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ФИЗИЧЕСКАЯ И КОЛЛОИДНАЯ ХИМИЯ	С.11/28

Вопросы для самопроверки:

1 Что изучает термохимия?

2 Что называется тепловым эффектом химической реакции? Единицы измерения.

3 Какие реакции называются экзотермическими, эндотермическими?

4 Чем отличаются химические уравнения от термохимических?

5 Как формулируются закон Гесса и его следствие?

6 В чем сущность процесса растворения твердых веществ?

7 Какие тепловые явления происходят при растворении?

Лабораторное занятие № 3. Определение скорости химических реакций. Факторы, влияющие на скорость химических реакций

Цель работы:

Изучить скорость и механизм химических реакций, факторы, влияющие на скорость химических реакций ПК 1.1, 1.6, ПК 2.1, 2.6, ПК 3.1., 3.4.

Материальное обеспечение:

- водяная баня;
- плитка электрическая;
- градуированные пробирки на 20-25 мл, колба на 100 мл;
- термометры;
- 0,1 М $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$;
- 0,1 М H_2SO_4 ;
- 0,1 М и концентрированный раствор FeCl_3 ;
- 0,1 М и концентрированный раствор NH_4SCN (роданид аммония);
- кристаллический NH_4Cl (хлорид аммония);
- палочки стеклянные.

Используемые источники: [1], [2], [3].

Теоретическая часть:

Химическая кинетика изучает скорость и механизм химических реакций, а также влияние на них различных факторов: природы и концентрации реагирующих веществ, температуры, катализаторов и др.

*Документ управляется программными средствами 1С Колледж
Проверь актуальность версии по оригиналу, хранящемуся 1С Колледж*

МО-35 02 10-ОП.03.ЛЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ФИЗИЧЕСКАЯ И КОЛЛОИДНАЯ ХИМИЯ	С.12/28

Под скоростью химической реакции понимают изменение концентрации одного из реагирующих веществ в единицу времени. Это может быть или одно из исходных веществ, концентрация которого в процессе реакции уменьшается, или один из образующихся продуктов реакции, концентрация которого с течением времени возрастает. Зависимость скорости реакции от концентрации веществ в химической кинетике выражается законом действующих масс: *скорость химической реакции (при $T = \text{const}$) пропорциональна произведению концентраций реагирующих веществ, взятых в степени, равной стехиометрическому коэффициенту, данного вещества в уравнении реакции.*

Зависимость скорости реакции от температуры определяется эмпирическим правилом Вант-Гоффа: *при повышении температуры на 10 градусов скорость химической реакции увеличивается в 2-4 раза.* Такое увеличение скорости реакции нельзя объяснить только увеличением числа столкновений между молекулами реагирующих веществ. Аррениус впервые высказал предположение, что в химическое взаимодействие вступают только активные молекулы, иначе, обладающие запасом избыточной энергии – энергии активации.

Изменение скорости химической реакции под влиянием катализаторов называется катализом. Механизм действия катализатора сводится к снижению энергии активации. Катализатор одинаково изменяет энергии активации прямой и обратной реакции, находящейся в равновесии.

Направление смещения химического равновесия при изменениях концентрации, температуры и давления подчиняется принципу подвижного равновесия (принципом Ле Шателье): *если на систему, находящуюся в равновесии, воздействовать извне, изменяя какое-нибудь из условий равновесия, то в системе усилится то из направлений процесса, течение которого ослабляет это воздействие.*

Содержание и порядок выполнения работы:

1 Ознакомиться с теоретической частью.

2 Выполнить лабораторные исследования:

2.1 Опыт 1. Зависимость скорости реакции от концентрации реагирующих веществ.

В три пробирки налить:

в 1-ю – 5 мл раствора гипосульфита и 10 мл воды;

МО-35 02 10-ОП.03.ЛЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ФИЗИЧЕСКАЯ И КОЛЛОИДНАЯ ХИМИЯ	С.13/28

во 2-ю – 10 мл раствора гипосульфита и 5 мл воды;

в 3-ю – 15 мл раствора гипосульфита натрия.

В каждую пробирку добавить по 5 мл серной кислоты. Наблюдая появление мути, отметить время в секундах. Результаты записать в таблицу 1.

ТАБЛИЦА 1

Номер пробирки	Объем гипосульфита натрия, мл	Объем воды, мл	Время, т, с	Скорость реакции, $u = 1/ \tau$
1				
2				
3				

2.2 Опыт 2. Зависимость скорости реакции от температуры.

В три пробирки налить по 5 мл гипосульфита натрия. Добавить в 1-ю пробирку 5 мл серной кислоты. Отметить время появления мути.

Отдельно нагреть на 10 градусов выше комнатной температуры вторую пробирку с 5 мл гипосульфита натрия и пробирку с 5 мл серной кислоты. Слить растворы и отметить время появления мути.

Повторить опыт, нагревая реактивы на 20 градусов выше комнатной температуры и также замерить время появления мути.

Результаты занести в таблицу 2.

ТАБЛИЦА 2

Номер пробирки	Объем гипосульфита, мл	Объем кислоты, мл	Температура, °С	Время, т, сек	Скорость реакции, $u = 1/ \tau$
1					
2					
3					

2.3 Опыт 3. Химическое равновесие и его смещение.

В колбу на 100 мл вливают по 20 мл 0,1 М FeCl₃ и 0,1 М NH₄SCN. Полученный раствор красного цвета разливают в четыре пронумерованные пробирки.

В 1-ю пробирку вносят 1 мл концентрированного раствора хлорного железа;

во 2-ю пробирку – 1 мл концентрированного раствора роданистого аммония;

в 3-ю пробирку – немного кристаллического хлорида аммония.

Раствор в 4-й пробирке оставляют для сравнения.

Пробирки тщательно перемешивают и наблюдают за изменением окраски растворов, сравнивая с окраской раствора в контрольной пробирке.

Запишите, как изменяется окраска растворов. Используя принцип Ле Шателье, объясните наблюдаемые изменения в исследуемой обратимой химической реакции.

МО-35 02 10-ОП.03.ЛЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ФИЗИЧЕСКАЯ И КОЛЛОИДНАЯ ХИМИЯ	С.14/28

3 Написать уравнения химических реакций для всех опытов и математическое выражение константы равновесия для системы в третьем опыте.

4 Сделать выводы по результатам лабораторных исследований по каждому опыту, проанализировав их с теоретическими выкладками.

5 Ответить на контрольные вопросы.

Содержание отчета:

Наименование лабораторной работы

Цель работы

Отчет о выполнении работы

Даты и подписи курсанта и преподавателя

Вопросы для самопроверки:

1 Что понимают под скоростью химической реакции? Единицы измерения.

2 Назовите факторы, влияющие на скорость химической реакции.

3 Зависимость скорости реакции от температуры? Формулировка и математическое выражение правила Вант-Гоффа.

4 Зависимость скорости реакции от концентрации? Формулировка и математическое выражение закона действия масс.

6 Что понимают под химическим равновесием? Для каких реакций оно характерно? Формулировка принципа Ле Шателье.

7 Что называют катализом и катализатором? Их виды и характеристика.

8 Что такое ферменты? В чем заключается специфичность и условия их действия?

1.4 Свойства растворов

Лабораторное занятие № 4. Определение pH среды различными методами

Цель работы:

Научиться определять pH среды различными методами. ПК 1.1, 1.6, ПК 2.1, 2.6, ПК 3.1., 3.4.

Материальное обеспечение:

- pH-метр;
- фарфоровая чашка;

*Документ управляется программными средствами 1С Колледж
Проверь актуальность версии по оригиналу, хранящемуся 1С Колледж*

МО-35 02 10-ОП.03.ЛЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ФИЗИЧЕСКАЯ И КОЛЛОИДНАЯ ХИМИЯ	С.15/28

- стеклянная палочка;
- исследуемые растворы;
- универсальный индикатор ПМ (или универсальная индикаторная бумага);
- химические стаканы на 50 мл;
- буферные растворы для калибровки и хранения.

Используемые источники: [1], [2], [3].

Теоретическая часть:

Водородные ионы занимают особое положение среди других ионов вследствие их влияния на ход многих реакций, протекающих в растворе. Для характеристики среды пользуются водородным показателем (рН), который вычисляют по формуле

$$\text{pH} = -\lg c_{\text{H}^+}. \quad (3)$$

Для нейтральной среды $c_{\text{H}^+} = 10^{-7}$ моль/л; $\text{pH} = -\lg 10^{-7} = 7$, в кислых средах $\text{pH} < 7$, в щелочных $\text{pH} > 7$.

Различают *общую* и *активную кислотность*. В разбавленных растворах сильных кислот и щелочей, в которых степень диссоциации $\alpha = 1$, концентрация водородных (или гидроксильных) ионов равна общей концентрации кислот.

В растворах слабых электролитов концентрация ионов меньше общей концентрации вещества и по мере разбавления раствора приближается к ней. Поэтому концентрация водородных ионов равна общей концентрации (c_0), умноженной на степень диссоциации, т.е.

$$c_{\text{H}^+} = c_0 \cdot \alpha \quad (4)$$

Так как кислотные свойства обусловлены присутствием в растворе ионов водорода, в растворе слабой кислоты только та ее часть является активной, которая распалась на ионы. Таким образом, активная кислотность определяется активностью (концентрацией) водородных ионов и характеризуется рН.

Один из способов определения рН основан на использовании веществ-индикаторов, изменяющих свою окраску в зависимости от степени активной кислотности или щелочности. Их подбирают таким образом, чтобы интервал перехода окраски, различимого глазом, включал то значение рН, которое раствор должен иметь в точке эквивалентности. Например, фенолфталеин меняет свою окраску от бесцветной до красной в пределах рН 8,0 – 9,8; метиловый красный – в пределах рН 4,2-6,3 и т.д.

МО-35 02 10-ОП.03.ЛЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ФИЗИЧЕСКАЯ И КОЛЛОИДНАЯ ХИМИЯ	С.16/28

Способ определения концентрации ионов по измерению потенциала ионоселективного мембранного электрода называют *ионометрией*.

Это простой и удобный метод определения многих ионов в растворе. Современные приборы для прямой потенциометрии называют *иономерами*. Они могут быть использованы при наличии соответствующих индикаторных электродов для определения разных ионов.

Кроме того, все современные иономеры являются и рН-метрами, т.е. их используют и для определения рН разных растворов. В настоящее время промышленностью выпускаются портативные иономеры (рН-метры), позволяющие проводить потенциометрические определения разных веществ, как в лабораториях, так и в полевых условиях.

Наиболее широкое применение нашла прямая потенциометрия для определения рН растворов с использованием стеклянного электрода. При измерении с ним рН-метр настраивают (градуируют) по буферным растворам с известными значениями рН.

Широко используются универсальные индикаторы, представляющие собой смесь нескольких индикаторов с различными интервалами перехода; многократно изменяющие свою окраску при различных рН. Однако их можно использовать лишь для приближенных определений этого показателя. Обычные и универсальные индикаторы могут быть в виде растворов и в виде индикаторной бумаги. К универсальному индикатору прилагается таблица цветов индикатора, соответствующих определенным значениям рН. Появившаяся окраска при смешивании исследуемого раствора с индикатором сравнивается с таблицей цветов.

Содержание и порядок выполнения работы:

1 Ознакомиться с теоретической частью.

2 Выполнить лабораторные исследования:

2.1 Опыт 1. Определение рН раствора с помощью универсального индикатора.

1-2 мл исследуемого раствора наливают в фарфоровую чашку и прибавляют 1-2 капли универсального индикатора, содержимое размешивают стеклянной палочкой, следя за окраской раствора. Окраску индикатора в растворе сравнивают с цветной шкалой на бумаге универсального индикатора.

Этот метод грубый (точность 0,5 рН), но довольно быстрый.

МО-35 02 10-ОП.03.ЛЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ФИЗИЧЕСКАЯ И КОЛЛОИДНАЯ ХИМИЯ	С.17/28

Близок по выполнению и точности метод определения pH с помощью универсальной индикаторной бумаги.

2.2 Опыт 2. Снимите с электрода pH-метра защитный колпачок. Погрузите электрод в исследуемый раствор. Ни при каких обстоятельствах не погружайте электрод более чем на 5 см. Слегка помешайте электродом анализируемый раствор, пока не стабилизируются показания на дисплее.

Для получения точных показаний, перед тем как погрузить электрод в новый образец, рекомендуется сполоснуть его исследуемым раствором.

После работы электрод необходимо вымыть и хранить в защитном колпачке, заполненном специальным раствором.

Ни в коем случае не храните электрод в дистиллированной воде. Используйте для этих целей специальный раствор для хранения или просто оставляйте сухим.

3 Сделать выводы по результатам лабораторных исследований.

4 Ответить на контрольные вопросы.

Содержание отчета:

Наименование лабораторной работы

Цель работы

Отчет о выполнении работы

Даты и подписи курсанта и преподавателя

Вопросы для самопроверки:

1 Что характеризует водородный показатель?

2 Для чего нужны индикаторы?

3 Какие растворы называются буферными? Приведите примеры буферных растворов с известными значениями pH?

4 Какие существуют способы определения pH среды?

5 В чем заключается подготовка pH-метра к работе?

6 Как хранят и используют pH-электрод?

1.4 Сорбционные процессы

Лабораторное занятие № 5. Адсорбция уксусной кислоты активированным углем

Цель работы:

МО-35 02 10-ОП.03.ЛЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ФИЗИЧЕСКАЯ И КОЛЛОИДНАЯ ХИМИЯ	С.18/28

Изучить явление адсорбции ПК 1.1, 1.6, ПК 2.1,2.6, ПК 3.1.,3.4.

Материальное обеспечение:

- технические весы;
- разновесы;
- мерные цилиндры на 50 мл;
- колбы конические на 100 мл;
- колбы конические на 250 мл с пробками;
- пипетки на 10 мл;
- воронки;
- 0,1 н NaOH;
- активированный уголь;
- 0,4 н CH₃COOH;
- вода дистиллированная;
- фенолфталеин;
- фильтры бумажные;
- ступки с пестиком.

Используемые источники: [1], [2], [3].

Теоретическая часть:

Явление адсорбции было открыто русским ученым Т.Е. Ловицем в 1785 году. Под *адсорбцией* обычно понимают поглощение одного вещества другим. Вещество, на поверхности которого происходит адсорбция, называется *адсорбентом*, а вещество, которое поглощается, адсорбируется – *адсорбтивом*. Адсорбция может происходить на границе раздела следующих фаз: жидкость - газ, жидкость - жидкость, твердое тело - раствор, твердое тело - газ. Впервые адсорбция изучалась на поверхности твердого адсорбента.

Причиной адсорбции является поверхностная энергия, свойственная каждой поверхности, явление адсорбции сопровождается уменьшением поверхности или за счет снижения поверхностного натяжения.

Адсорбция зависит от природы поглотителя и поглощаемого вещества, от температуры, от давления газа или концентрации растворов.

Зависимость адсорбции, A , моль/кг, от концентрации (в области средней концентрации адсорбируемого вещества в растворе) при данной температуре выражается эмпирическим уравнением Фрейндлиха:

$$A = x/m, \quad (5)$$

где x – количество адсорбируемого вещества, моль;

m – количество взятого адсорбента, кг.

Содержание и порядок выполнения работы:

1 Ознакомиться с теоретической частью.

2 Выполнить лабораторное исследование:

2.1 Опыт 1. Адсорбция уксусной кислоты активированным углем.

В пяти пронумерованных колбах на 250 мл готовят растворы уксусной кислоты путем разбавления исходного раствора дистиллированной водой в следующих соотношениях, указанных в таблице 3.

ТАБЛИЦА 3

Номер колбы	1	2	3	4	5
0,4 н CH_3COOH , мл	40	20	10	5	3
Вода, мл	-	20	30	35	37

Начальное содержание уксусной кислоты, C_0 , определяют титрованием 0,1 н NaOH в присутствии индикатора фенолфталеина в количестве 1-2 капель до слабого розового цвета раствора, исчезающего в течение 30 секунд. Для чего первоначально отбирают пипеткой по 10 мл каждого раствора кислоты и помещают в соответственно пронумерованные колбы на 100 мл. Результаты титрования для последующего расчета концентрации раствора уксусной кислоты.

Далее в каждую колбу с оставшимся объемом кислоты в 30 мл вносят по 1 г активированного угля (предварительно хорошо измельченного в порошок) и закрывают пробками. Обратите внимание на то, что навески угля переносят во все колбы *одновременно!* В течение 15-20 минут взбалтывают содержимое всех колб поочередно.

После этого фильтруют растворы через бумажные фильтры в отдельные конические колбы на 250 мл. Количество адсорбированной кислоты углем, можно узнать, проанализировав количество уксусной кислоты, оставшейся в фильтрате. Для этого отберите по 10 мл каждого фильтрата в отдельные колбы на 100 мл и

МО-35 02 10-ОП.03.ЛЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ФИЗИЧЕСКАЯ И КОЛЛОИДНАЯ ХИМИЯ	С.20/28

оттитруйте 0,1 н NaOH аналогично определению начального содержания уксусной кислоты, проводимого до адсорбции. Результаты титрования также запишите.

Нормальную концентрацию (нормальность) уксусной кислоты до адсорбции, C_0 , и после нее, C , в каждой колбе рассчитайте по формуле (закон эквивалентов):

$$C_k \cdot V_k = C_{щ} \cdot V_{щ}, \quad (6)$$

где $C_k, C_{щ}$ – нормальность кислоты и щелочи, н (г-экв/л);

$V_k, V_{щ}$ – объемы раствора уксусной кислоты и израсходованной на титрование щелочи, мл.

Определите количество адсорбированной уксусной кислоты, x , в каждой колбе по разнице концентраций: $x = C_0 - C$.

Количество кислоты, поглощенной 1 г адсорбента (угля) из 30 мл ее раствора, x/m , моль/г, определяется по формуле:

$$x/m = (C_0 - C) 30/1000, \quad (7)$$

где m – масса активированного угля, г.

Результаты вычислений занести в таблицу 4.

ТАБЛИЦА 4

Номер колбы	C_0	C	$x = C_0 - C$	x/m
1				
2				
3				
4				
5				

3 Используя данные опыта, построить изотерму адсорбции, откладывая по оси абсцисс значение C , а по оси ординат – количество адсорбированной кислоты на 1 г адсорбента.

4 Сделать вывод по результатам лабораторного исследования о зависимости адсорбции от концентрации растворенных веществ.

5 Ответить на контрольные вопросы.

Содержание отчета:

Наименование лабораторной работы

Цель работы

Отчет о выполнении работы

Даты и подписи курсанта и преподавателя

Вопросы для самопроверки:

1 Что называется адсорбцией и абсорбцией?

2 Что называется адсорбентом, адсорбтивом?

МО-35 02 10-ОП.03.ЛЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ФИЗИЧЕСКАЯ И КОЛЛОИДНАЯ ХИМИЯ	С.21/28

3 В чем причина адсорбции? Уравнение Гиббса.

4 Какие виды адсорбентов существуют? Их практическое применение.

5 В чем суть ионообменной адсорбции, хроматографии?

6 Каково значение адсорбционных процессов для пищевых технологий?

7 Почему при некоторых пищевых отравлениях рекомендуется принимать таблетки активированного угля?

8 Для каких целей используется адсорбент силикагель?

2 КОЛЛОИДНАЯ ХИМИЯ

2.2 Гидрофобные коллоидно-дисперсные системы

Лабораторное занятие № 6. Получение коллоидных систем

Цель работы:

Ознакомление с различными методами получения и очистки коллоидных систем ПК 1.1, 1.6, ПК 2.1,2.6, ПК 3.1.,3.4.

Материальное обеспечение:

- мерные цилиндры на 25, 50 мл;
- колбы конические, стаканы на 100 мл;
- вода дистиллированная;
- палочки стеклянные;
- плитка электрическая;
- пробирки градуированные на 20-25 мл;
- 0,1 М $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$;
- 2 % -ный раствор FeCl_3 ;
- насыщенный раствор желтой кровяной соли;
- 0,1 М H_2SO_4 ;
- раствор нитрата серебра;
- бумага пергаментная или целлофан.

Используемые источники: [1], [2], [3].

Теоретическая часть:

Так как коллоидные системы занимают промежуточное положение между грубодисперсными и истинными растворами, получать их можно *конденсационными* либо *диспергационными* методами.

МО-35 02 10-ОП.03.ЛЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ФИЗИЧЕСКАЯ И КОЛЛОИДНАЯ ХИМИЯ	С.22/28

Методы диспергирования осуществляются путем механического, электрического или ультразвукового дробления веществ до размеров коллоидных частиц. Все эти методы требуют затраты энергии извне.

Конденсационные методы делят на физические и химические. Общим для них является процесс возникновения новой фазы путем соединения молекул, ионов, атомов.

К *физическим* относят метод непосредственной конденсации молекул испаряющегося вещества и метод замены растворителя. При методе замены растворителя растворитель, в котором вещество растворяется, образуя истинный раствор, заменяется дисперсионной средой, в которой это вещество нерастворимо.

К *химическим* относят методы получения труднорастворимых веществ при различных химических реакциях (гидролиз, окисление, двойной обмен и т.д.).

Особое место при получении коллоидных систем занимает метод пептизации: *переход свежеприготовленного осадка* (коллоидной степени дисперсности) *в раствор*. В этом случае не происходит изменения степени дисперсности частиц осадка, а только их разъединение.

Важными условиями при получении коллоидных систем являются:

- 1) дисперсная фаза не должна взаимодействовать с дисперсионной средой;
- 2) должна быть достигнута определенная степень дисперсности;
- 3) концентрации растворов должны быть минимальными;
- 4) присутствие стабилизаторов, обуславливающих устойчивость систем.

Очистка коллоидов от присутствующих в нем молекулярно-ионных примесей растворенных веществ называется *диализом*. Диализ основан на разнице в скоростях диффузии истинно- и коллоидно-растворенных веществ через полупроницаемую перегородку. В качестве полупроницаемых перегородок, помимо животных и растительных перепон, используют искусственные мембраны из целлофана и пергамента.

Содержание и порядок выполнения работы:

- 1 Ознакомиться с теоретической частью.
- 2 Выполнить лабораторное исследование:
 - 2.1 Опыт 1. Получение золя гидроксида железа.

В конической колбе нагревают до кипения 95 мл дистиллированной воды. Не снимая колбы, выключают обогрев и небольшой струей вливают в кипящую воду 5

МО-35 02 10-ОП.03.ЛЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ФИЗИЧЕСКАЯ И КОЛЛОИДНАЯ ХИМИЯ	С.23/28

мл 2 %-ного раствора хлорида железа до образования интенсивной красно-коричневой окраски.

Образуется гидрозоль гидроксида железа, стабилизированный хлоридом железа. Золь должен быть совершенно прозрачным в проходящем свете. Составьте уравнение реакции. Напишите формулу мицеллы.

2.2 Опыт 2. Получение золя берлинской лазури.

К 5 мл 2 %-ного раствора хлорида железа при перемешивании приливают 1 мл насыщенного раствора желтой кровяной соли. Выпадает осадок берлинской лазури. На кончике стеклянной палочки вносят в колбу с дистиллированной водой немного этого осадка. Образуется золь ярко-синего цвета. Составить уравнение реакции. Напишите формулу мицеллы берлинской лазури, учитывая преимущественную адсорбцию многовалентного иона $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$.

2.3 Опыт 3. Получение золя серы.

К 10 мл тиосульфата натрия прибавить 4 мл раствора серной кислоты. Наблюдается появление мути. Образуется золь серы. Составьте уравнение реакции. Напишите формулу мицеллы. Каким путем образуется золь?

2.4 Опыт 4. Диализ золя гидроксида железа.

В пергаментный мешочек, сложенный в виде кисета, налейте горячий золь гидроксида железа, полученный в 1 опыте. Поместите его в сосуд с дистиллированной водой. Через 10-12 минут отлейте немного воды, омывающей мешочек, в пробирку и добавьте к ней раствор азотнокислого серебра. Наличие иона хлора обнаруживается по слабому помутнению раствора. Напишите уравнение реакции. Объясните, почему не происходит окрашивание золем воды, омывающей мешочек? Объясните появление в дистиллированной воде ионов хлора.

3 Сделать выводы по результатам каждого лабораторного исследования и определить метод получения коллоида.

4 Ответить на контрольные вопросы.

Содержание отчета:

Наименование лабораторной работы

Цель работы

Отчет о выполнении работы

МО-35 02 10-ОП.03.ЛЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ФИЗИЧЕСКАЯ И КОЛЛОИДНАЯ ХИМИЯ	С.24/28

Даты и подписи курсанта и преподавателя

Вопросы для самопроверки:

- 1 Что называется дисперсной системой, дисперсной фазой, дисперсионной средой?
- 2 Какие признаки характерны для дисперсных систем?
- 3 Как связана дисперсность с размером частиц?
- 4 Какие дисперсные системы относятся к коллоидным?
- 5 Какими методами получают коллоидные системы?
- 6 Какова суть методов очистки коллоидных растворов: диализ, электродиализ, ультрафильтрация?
- 7 Что используют в качестве полупроницаемых перегородок?
- 8 Как зависит скорость диффузии от размера частиц?
- 9 Каковы место и роль коллоидных систем в природе и практике?

2.5 Структурообразование в коллоидных системах

Лабораторное занятие № 7 Набухание полимеров

Цель работы:

Изучить явление набухания полимера и влияние электролитов на процесс студнеобразования ПК 1.1, 1.6, ПК 2.1, 2.6, ПК 3.1., 3.4.

Материальное обеспечение:

- штатив для пробирок;
- градуированные пробирки с притертыми пробками на 15 мл;
- нити резиновые;
- желатин сухой (порошок);
- бензол или бензин;
- вода дистиллированная;
- 0,1 н Na_2SO_4 ;
- 0,1 н H_2SO_4 ;
- 0,1 н NaCl ;
- 0,1 н HCl ;
- 0,1 н NaOH ;
- трубки стеклянные;
- палочки стеклянные.

*Документ управляется программными средствами 1С Колледж
Проверь актуальность версии по оригиналу, хранящемуся 1С Колледж*

МО-35 02 10-ОП.03.ЛЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ» ФИЗИЧЕСКАЯ И КОЛЛОИДНАЯ ХИМИЯ	С.25/28
----------------------	---	---------

Используемые источники: [1], [2], [3].

Теоретическая часть:

Набухание – самопроизвольный процесс поглощения высокомолекулярным веществом (ВМС) низкомолекулярной жидкости, сопровождающийся увеличением его массы и объема. Набухание – избирательное явление, т.е. полимеры способны набухать в тех жидкостях, которые по отношению к ним служат растворителями, например желатин, агар-агар набухают в воде, каучук, резина – в углеводородных жидкостях. При этом различают два вида набухания – неограниченное и ограниченное.

Студни – структурированные системы, получаемые из растворов ВМС, в отличие от гелей, образованных из коллоидных растворов. Студни можно получать и в результате ограниченного набухания. Причина застудневания (желатинирования, гелеобразования) состоит в возникновении связей между молекулами (частицами) и постепенного упрочнения в системе пространственной сетки.

На процесс структурообразования влияют следующие факторы: концентрация, форма и размер макромолекул полимера или коллоидных частиц, температура, время и присутствие электролитов. Последнее очень сложно. Как правило, катионы мало влияют на студнеобразование, тогда как анионы могут ускорять, а могут замедлять этот процесс.

Содержание и порядок выполнения работы:

1 Ознакомиться с теоретической частью.

2 Выполнить лабораторное исследование:

2.1 Опыт 1. Набухание резиновой нити.

Отрезают 4-5 см резиновой нити и помещают в тонкую стеклянную трубку, длиной 12-15 см с внутренним диаметром немногим больше диаметра нити. Резиновая нить должна находиться в середине трубки, чтобы оба конца нити могли свободно увеличиваться при набухании. Трубку с резиновой нитью помещают в градуированную пробирку с притертой пробкой, вливают бензол (бензин) и закрывают пробкой. Через каждые 5 минут отмечают увеличение нити до тех пор, пока не прекратится увеличение длины нити.

Полученные данные наносят на график, где по оси ординат откладывают длину набухающей нити, а по оси абсцисс – время.

МО-35 02 10-ОП.03.ЛЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ФИЗИЧЕСКАЯ И КОЛЛОИДНАЯ ХИМИЯ	С.26/28

2.2 Опыт 2. Влияние электролитов на набухание (студнеобразование) желатина.

Шесть гранулированных пробирок нумеруют и устанавливают в штатив. В каждую пробирку насыпают порошок сухого желатина (толщина слоя 1 см). Затем в каждую из пробирок вливают по 10 мл различных растворов электролитов и осторожно перемешивают, чтобы частицы желатина опустились на дно. Определяют объем желатина до набухания. После этого, встряхнув пробирки несколько раз, оставляют их в покое. Через час каждую пробирку еще раз встряхивают, дают осадку осесть и измеряют величину объема набухшего желатина в каждой пробирке после набухания.

Степень набухания, α , %, вычисляют по формуле:

$$\alpha = (V - V_0)100 / V_0, \quad (9)$$

где, V_0 и V , объем желатина до и после набухания, мл.

Полученные результаты записывают в таблицу 6.

ТАБЛИЦА 6

Номер пробирки	Раствор электролита	Объем желатина до набухания, см ³	Объем желатина после набухания, см ³	Степень набухания, α, %
1	Na ₂ SO ₄			
2	H ₂ SO ₄			
3	NaCl			
4	HCl			
5	NaOH			
6	H ₂ O			

На основании полученных данных делают вывод о влиянии электролитов на процесс набухания желатина, а также о влиянии природы анионов.

3 Сделать выводы по результатам каждого лабораторного исследования.

4 Ответить на контрольные вопросы.

Содержание отчета:

Наименование лабораторной работы

Цель работы

Отчет о выполнении работы

Даты и подписи курсанта и преподавателя

Вопросы для самопроверки:

1 Что такое набухание полимеров и какие стадии в нем различают?

2 В чем причина набухания?

3 Что понимают под степенью набухания? Формула.

4 Каково значение набухания в технологии пищевых производств?

5 По каким признакам различают ограниченное и неограниченное набухание?

6 Какие системы называются студнями?

7 Какие факторы влияют на студнеобразование?

8 Каково значение студнеобразования в природе, пищевом производстве?

МО-35 02 10-ОП.03.ЛЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ФИЗИЧЕСКАЯ И КОЛЛОИДНАЯ ХИМИЯ	С.28/28

Список использованных источников

Виды источников	Наименование рекомендуемых учебных изданий
Основные	1. Кудряшева, Н. С. Физическая и коллоидная химия [Электронный ресурс] : учебник и практикум для сред. проф. образования / Н. С. Кудряшева, Л. Г. Бондарева. - 2-е изд., испр. и доп. - Москва : Юрайт, 2022. - on-line 2. Гаршин, А. П. Общая и неорганическая химия в схемах, рисунках, таблицах, химических реакциях [Электронный ресурс] : учебное пособие / А. П. Гаршин. - Москва : ИНФРА-М, 2021. - 304 on-line : рис., схемы, табл. - (Высшее образование. Бакалавриат). -
Дополнительные	1. С.В. Горбунцова, Э.А. Муллоярова, Е.С. Оробейко, Е.В. Федоренко. Физическая и коллоидная химия (в общественном питании). Учебное пособие для студ. проф. учеб. заведений. М., «Альфа-М»; «ИНФРА-М», 2012 – с. 269 <i>Методические пособия и рекомендации для выполнения практических занятий, лабораторных и самостоятельных работ</i>
Электронные образовательные ресурсы	1. ЭБС «Book.ru», https://www.book.ru 2. ЭБС «ЮРАЙТ» https://www.biblio-online.ru 3. ЭБС «Академия», https://www.academia-moscow.ru 4. Издательство «Лань», https://e.lanbook.com 5. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека онлайн», https://www.biblioclub.ru
Периодические издания	