

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой
высокомолекулярных соединений и коллоидной химии
Шестаков А.С.
11.05.2022



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.ДВ.04.02 Физико-химические явления в дисперсных системах

- 1. Код и наименование направления подготовки/специальности:**
04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия
- 2. Направленность:** Фундаментальная химия в профессиональном образовании
- 3. Квалификация выпускника:** Химик. Преподаватель химии
- 4. Форма обучения:** очная
- 5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:**
кафедра высокомолекулярных соединений и коллоидной химии
- 6. Составители программы:**
Слепцова Ольга Валентиновна, кандидат химических наук, доцент
- 7. Рекомендована:** научно-методическим советом химического факультета,
протокол № 3 от 19.04.2022
- 8. Учебный год:** 2025-2026 **Семестр:** 8

9. Цели и задачи учебной дисциплины:

Целями освоения учебной дисциплины являются:

- развитие представлений о поверхностных явлениях, происходящих на границе раздела фаз в межфазном поверхностном слое в гетерогенных дисперсных системах.

Задачи учебной дисциплины:

- изучение таких физико-химических явлений как адгезия, смачивание, капиллярность, адсорбция, электрические явления, протекающих в результате превращения избыточной поверхностной энергии в дисперсных системах;

- приобретение навыков использования теоретических положений для решения практических задач.

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП: дисциплина входит в Блок 1. Дисциплины (модули), в часть, формируемую участниками образовательных отношений, является дисциплиной по выбору. Обучающийся для изучения дисциплины должен освоить курсы физики, неорганической, физической и коллоидной химии.

11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями) и индикаторами их достижения:

| Код | Название компетенции | Код(ы) | Индикатор(ы) | Планируемые результаты обучения |
|------|--|--------|---|--|
| ПК-1 | Способен проводить сбор, систематизацию и критический анализ научной, технической и патентной информации, необходимой для решения исследовательских задач химической направленности | ПК-1.1 | Обеспечивает сбор научной, технической и патентной информации, необходимой для решения исследовательских задач | Знать: - источники научно-технической информации, журналы отечественной и международной научной периодики, основы поиска патентной информации. Уметь: - осуществлять поиск научно-технической информации с использованием ресурсов сети Интернет, баз данных; оформлять отчет о результатах поиска информации. Владеть: - приемами поиска научно-технической информации и методами составления отчетов о результатах поиска. |
| | | ПК-1.2 | Составляет аналитический обзор собранной научной, технической и патентной информации по тематике исследовательского проекта | |
| ПК-2 | Способен планировать работу и выбирать адекватные методы решения научно-исследовательских задач в области аналитической, физической, неорганической, органической и полимерной химии | ПК-2.1 | Составляет общий план исследования и детальные планы отдельных стадий | Знать: - теоретические основы поверхностных явлений, происходящих на границе раздела фаз в межфазном поверхностном слое в дисперсных системах в результате превращения избыточной поверхностной энергии. - методы исследования физико-химических процессов, протекающих на границах раздела фаз. Уметь: - планировать эксперимент на основе анализа литературных данных; - анализировать и обобщать результаты эксперимента, формулировать выводы. Владеть: - навыками использования экспериментальных и расчетно-теоретических методов описания поверхностных физико-химических явлений. |
| | | ПК-2.2 | Выбирает экспериментальные и расчетно-теоретические методы решения поставленной задачи, исходя из имеющихся материальных и временных ресурсов | |

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час. – 3/108.

Форма промежуточной аттестации

зачет с оценкой.

13. Трудоемкость по видам учебной работы

| Вид учебной работы | | Трудоемкость | | |
|---|-----------------|--------------|--------------|--|
| | | Всего | По семестрам | |
| | | | 8 семестр | |
| Контактная работа | | 90 | 90 | |
| в том числе: | лекции | 36 | 36 | |
| | практические | | | |
| | лабораторные | 54 | 54 | |
| | курсовая работа | | | |
| Самостоятельная работа | | 18 | 18 | |
| Промежуточная аттестация (для экзамена) | | | | |
| Итого: | | 108 | 108 | |

13.1. Содержание дисциплины

| п/п | Наименование раздела дисциплины | Содержание раздела дисциплины | Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК |
|------------------|--|--|--|
| 1. Лекции | | | |
| 1.1 | Характеристика и методы получения дисперсных систем | Классификация дисперсных систем, основные дисперсионные и конденсационные методы их получения. | |
| 1.2 | Строение дисперсных частиц. Особенности дисперсного состояния вещества | Фазовые и псевдофазовые частицы, строение поверхностных слоев жидкостей и твердых тел. Размерные эффекты в дисперсных системах. Изменение реакционной способности с изменением дисперсности. | |
| 1.3 | Термодинамика поверхностных явлений | Поверхностное натяжение, влияние на него различных факторов. Дисперсность и термодинамические свойства тел. | |
| 1.4 | Капиллярные явления | Капиллярное давление, закон Лапласа. Влияние кривизны поверхности на давление пара и растворимость. Течение жидкостей в капиллярах и пористых средах. | |
| 1.5 | Адгезия и смачивание | Адгезия, уравнение Дюпре. Смачивание, закон Юнга. Теплота смачивания, гидрофильность и гидрофобность поверхности. | |
| 1.6 | Адсорбция | Классификации адсорбции. Адсорбция на границе раздела твердое тело – газ, теория мономолекулярной адсорбции Ленгмюра, уравнение Фрейндлиха, теория полимолекулярной адсорбции Поляни. Теория БЭТ. Адсорбция на границе жидкость – газ, фундаментальное уравнение адсорбции Гиббса. Адсорбция на границе твердое тело – раствор, молекулярная адсорбция, ионная адсорбция, ионный обмен, мембранная разность потенциалов. | |
| 1.7 | Электроповерхностные явления | Поверхностный заряд, двойной электрический слой, электрокинетические и электрокапиллярные явления. | |

| 2. Лабораторные занятия | | | |
|-------------------------|--|--|--|
| 2.1 | Характеристика и методы получения дисперсных систем | Получение и свойства дисперсных систем. | |
| 2.2 | Строение дисперсных частиц. Особенности дисперсного состояния вещества | | |
| 2.3 | Термодинамика поверхностных явлений | Определение полной поверхностной энергии жидкостей. Определение критического натяжения смачивания неполярных полимеров. Исследование влияния электрического потенциала на поверхностное натяжение. | |
| 2.4 | Капиллярные явления | | |
| 2.5 | Адгезия и смачивание | Исследование влияния поверхностно-активных веществ на смачивание и адгезию. | |
| 2.6 | Адсорбция | Исследование адсорбции неэлектролитов из бинарных растворов на твердом адсорбенте | |
| 2.7 | Электроповерхностные явления | Определение электрокинетического потенциала методом электрофореза | |

13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

| № п/п | Наименование темы (раздела) дисциплины | Виды занятий (количество часов) | | | | Всего |
|-------|--|---------------------------------|--------------|--------------|------------------------|-------|
| | | Лекции | Практические | Лабораторные | Самостоятельная работа | |
| 1.1 | Характеристика и методы получения дисперсных систем | 4 | | 12 | 2 | 18 |
| 1.2 | Строение дисперсных частиц. Особенности дисперсного состояния вещества | 4 | | 0 | 4 | 8 |
| 1.3 | Термодинамика поверхностных явлений | 4 | | 12 | 2 | 18 |
| 1.4 | Капиллярные явления | 6 | | 0 | 4 | 10 |
| 1.5 | Адгезия и смачивание | 6 | | 10 | 2 | 18 |
| 1.6 | Адсорбция | 6 | | 10 | 2 | 18 |
| 1.7 | Электроповерхностные явления | 6 | | 10 | 2 | 18 |
| | Итого: | 36 | | 54 | 18 | 108 |

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

(рекомендации обучающимся по освоению дисциплины: указание наиболее сложных разделов, работа с конспектами лекций, презентационным материалом, рекомендации по выполнению курсовой работы, по организации самостоятельной работы по дисциплине и др)

В учебном процессе используются следующие формы работы:

- проведение лекций,
- проведение лабораторных занятий,
- внеаудиторная самостоятельная работа студентов.

Организационная структура лекционного занятия:

1. Формулировка темы, целей занятия, постановка проблемного вопроса.
2. Разъяснение вопросов теоретического и практического плана для решения поставленной проблемы.

3. Рассмотрение путей решения проблемного вопроса на конкретных примерах.
4. Заключение, формулировка выводов.
5. Формулировка задания для самостоятельной домашней работы. Озвучивание темы следующего занятия.

Организационная структура лабораторного занятия:

1. Формулировка целей занятия и ответы на вопросы студентов.
2. Ознакомление с теоретической основой работы, основными приемами и техникой безопасности при работе с используемыми приборами и реактивами.
3. Выполнение экспериментальной части работы.
4. Обработка экспериментальных результатов и предоставление их для предварительной проверки преподавателю.

Защита лабораторной работы проводится с целью выявления уровня освоения материала по тематике работы, способности дать правильную трактовку результатам, полученным при выполнении работы. Защита работы заключается в оформлении работ, устной беседе преподавателя со студентом по полученным в работе результатам и основным теоретическим понятиям по теме работы.

Текущий контроль проводится путем проверки выполнения домашнего задания, тестовых заданий, контрольных работ.

Контроль освоения теоретического материала проводится после прослушивания студентами лекционного материала по каждой теме в виде устного опроса и выполнения домашних заданий. Выполнение домашних заданий контролирует лектор. Ежеженедельно студенты имеют возможность выяснять все вопросы, освоение которых вызывает трудности, на консультациях с лектором в специально отведенные для этого контактные часы.

При реализации дисциплины с использованием дистанционных образовательных технологий используются инструменты электронной информационно-образовательной среды ВГУ «Электронный университет ВГУ» (<https://edu.vsu.ru>) и/или «МООК ВГУ» (<https://mooc.vsu.ru>), сервисы видеоконференций (BigBlueButton, Zoom, Discord и др.), электронная почта, мессенджеры и соцсети.

15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины (список литературы оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ и используется общая сквозная нумерация для всех видов источников)

а) основная литература:

| № п/п | Источник |
|-------|---|
| 1 | Гавронская Ю.Ю. Коллоидная химия: учебник и практикум для академического бакалавриата / Ю.Ю. Гавронская, В.Н. Пак. – Москва: Юрайт, 2018. – 284 с. |
| 2 | Яковлева А.А. Коллоидная химия: учебное пособие для вузов / А.А. Яковлева. – Москва : Юрайт, 2018. – 209 с. |
| 3 | Коллоидная химия. Примеры и задачи : учебное пособие для вузов / В.Ф. Марков [и др.] ; Урал. федер. ун-т им. первого Президента России Б.Н. Ельцина. – Москва ; Екатеринбург : Юрайт : Издательство Уральского университета, 2018. – 185 с. |
| 4 | Сумм Б.Д. Коллоидная химия / Б.Д. Сумм. – Москва: Академия, 2013. – 238 с. |
| 5 | Щукин Е.Д. Коллоидная химия / Е.Д. Щукин, А.В. Перцов, Е.А. Амелина. – М.: Юрайт, 2017. – 443 с. |
| 6 | Ершов Ю.А. Коллоидная химия. Физическая химия дисперсных систем / Ю.А. Ершов. – М.: ГЕОТАР-Медиа, 2012. – 351 с. |

б) дополнительная литература:

| № п/п | Источник |
|-------|---|
| 7 | Зимон А.Д. Коллоидная химия (в том числе наночастиц) / А.Д. Зимон. – М.: АГАР, 2007. – 343 с. |
| 8 | Гельфман М.И. Коллоидная химия / М.И. Гельфман, О.В. Ковалевич, В.П. Юстратов. – СПб. [и др.]: Лань, 2010. – 332 с. |

| | |
|----|--|
| 9 | Фридрихсберг Д.А. Курс коллоидной химии / Д.А. Фридрихсберг. – СПб. [и др.]: Лань, 2010. – 410 с. |
| 10 | Мягченков В.А. Поверхностные явления и дисперсные системы/ В.А. Мягченков. – М.: КолосС, 2007.– 184 с. |

в) информационные электронно-образовательные ресурсы (официальные ресурсы интернет):

| № п/п | Ресурс |
|-------|---|
| 11 | Зональная научная библиотека ВГУ https://www.lib.vsu.ru |
| 12 | Университетская библиотека online http://biblioclub.ru/ |
| 13 | Естественно-научный образовательный портал http://www.en.edu.ru |
| 14 | Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам». http://window.edu.ru |
| 15 | Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU http://www.elibrary.ru |
| 16 | Chemnet – официальное электронное издание Химического факультета МГУ в Internet http://www.chem.msu.ru/rus |
| 17 | Электронно-библиотечная система "Консультант студента" http://www.studmedlib.ru |

16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы (учебно-методические рекомендации, пособия, задачки, методические указания по выполнению практических (контрольных), курсовых работ и др.)

| № п/п | Источник |
|-------|---|
| 1 | Коллоидная химия. Примеры и задачи : учебное пособие для вузов / В.Ф. Марков [и др.] ; Урал. федер. ун-т им. первого Президента России Б.Н. Ельцина .– Москва ; Екатеринбург : Юрайт : Издательство Уральского университета, 2018 .– 185 с. |
| 2 | Лабораторные работы и задачи по коллоидной химии / Ю.Г. Фролов, А.С. Гродский, В.В. Назаров и др. ; под ред. Ю.Г. Фролова и А.С. Гродского . – М. : Химия, 1986 . – 214 с. |

17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины, включая дистанционные образовательные технологии (ДОТ), электронное обучение (ЭО), смешанное обучение:

При реализации дисциплины используются классические образовательные технологии без замены аудиторных занятий (лекций и лабораторных занятий) на ДОТ. Основные типы лекций – вводные лекции (в начале изучения дисциплины) и информационные лекции с визуализацией (мультимедийные презентации). Проведение промежуточной аттестации осуществляется в форме устного собеседования по КИМ. Самостоятельная работа по всем разделам предполагает выполнение обязательных письменных домашних заданий.

При реализации учебной дисциплины используются элементы электронного обучения и различные дистанционные образовательные технологии, позволяющие обеспечивать опосредованное взаимодействие (на расстоянии) преподавателей и обучающихся, включая инструменты электронной информационно-образовательной среды ВГУ «Электронный университет ВГУ» (<https://edu.vsu.ru>) и/или «МООК ВГУ» (<https://mooc.vsu.ru>), проведение вебинаров, видеоконференций (в том числе с применением сервисов Zoom, Discord и др.), взаимодействие в соцсетях, посредством электронной почты, мессенджеров.

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

1. Нефелометр НФМ
2. Сталагмометр
3. Электрофоретическая ячейка Чайковского
4. Тензиометр Дю Нуи

5. Весы аналитические
6. Весы техно-химические
7. Ультразвуковой диспергатор
8. Фотометр КФК-3 «ЗОМЗ»
9. Фотометр ФЭК-56М
10. Модульный спектрометр динамического и статического рассеяния света Photocor-Complex.
11. Ноутбук
12. Проектор
13. Экран

19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

| № п/п | Наименование раздела дисциплины (модуля) | Компетенция(и) | Индикатор(ы) достижения компетенции | Оценочные средства |
|--|--|----------------|--------------------------------------|---|
| 1 | Характеристика и методы получения дисперсных систем | ПК-1 ПК-2 | ПК-1.1 ПК-2.1 | Домашние задания Лабораторные работы |
| 2 | Строение дисперсных частиц. Особенности дисперсного состояния вещества | ПК-1 ПК-2 | ПК-1.1 ПК-2.1 | Домашние задания Лабораторные работы |
| 3 | Термодинамика поверхностных явлений | ПК-1 ПК-2 | ПК-1.2 ПК-2.2 | Домашние задания Тестовые задания Лабораторные работы |
| 4 | Капиллярные явления | ПК-1 ПК-2 | ПК-1.1 ПК-2.2 | Домашние задания Практико-ориентированные задания |
| 5 | Адгезия и смачивание | ПК-1 ПК-2 | ПК-1.2 ПК-2.2 | Домашние задания Лабораторные работы |
| 6 | Адсорбция | ПК-1 ПК-2 | ПК-1.1 ПК-1.2 ПК-2.1 ПК-2.2 | Домашние задания Лабораторные работы |
| 7 | Электроповерхностные явления | ПК-1 ПК-2 | ПК-1.1 ПК-1.2 ПК-2.1 ПК-2.2 | Домашние задания Лабораторные работы |
| Промежуточная аттестация форма контроля – зачет с оценкой | | | | Перечень вопросов |

20. Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

Оценка знаний, умений и навыков, характеризующая этапы формирования компетенций в рамках изучения дисциплины осуществляется в ходе текущей и промежуточной аттестаций.

Текущая аттестация проводится в соответствии с Положением о текущей аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета. Текущая аттестация проводится в форме: устный опрос (индивидуальный опрос); выполнение письменных домашних и практико-ориентированных заданий, выполнение тестовых заданий.

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования.

Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации включают в себя теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень полученных знаний, и практическое задание, позволяющее оценить степень сформированности умений и навыков.

При оценивании используются качественные шкалы оценок. Критерии оценивания приведены в п. 20.2.

20.1. Текущий контроль успеваемости

Контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств: практико-ориентированные задания, домашние задания, тестовые задания, устный опрос.

Вопросы для домашнего задания формулируются на лабораторном занятии. На следующем практическом занятии студенты представляют решение домашнего задания, занятие начинается с обсуждения вариантов решения.

Устные опросы и тестирования проводятся на лабораторном занятии, о чем преподаватель заранее сообщает обучающимся.

Перечень лабораторных занятий:

1. Получение и свойства дисперсных систем.
2. Определение полной поверхностной энергии жидкостей.
3. Определение критического натяжения смачивания неполярных полимеров.
4. Исследование влияния электрического потенциала на поверхностное натяжение.
5. Исследование влияния поверхностно-активных веществ на смачивание и адгезию.
6. Исследование адсорбции неэлектролитов из бинарных растворов на твердом адсорбенте
7. Определение электрокинетического потенциала методом электрофореза.

20.2. Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств: собеседование по билетам к зачету.

Вопросы к зачету:

1. Признаки гетерогенных дисперсных систем
2. Классификация дисперсных частиц по размеру, форме, строению.
3. Диспергационные и конденсационные методы получения дисперсных систем.
4. Строение дисперсных частиц, строение поверхностных слоев жидкостей и твердых тел.
5. Физические и химические свойства дисперсных частиц. Особенности дисперсного состояния вещества.
6. Поверхностное натяжение, влияние на него различных факторов: химической природы вещества, температуры, природы граничащих фаз, природы и концентрации растворенного вещества, заряда поверхности, кривизны поверхности жидкости.
7. Капиллярное давление, закон Лапласа.
8. Смачивание, краевой угол, закон Юнга.
9. Адгезия, работа адгезии, уравнение Дюпре.
10. Влияние кривизны поверхности на давление пара и растворимость. Уравнение Кельвина. Уравнение Гиббса – Оствальда.
11. Процессы, определяемые кривизной поверхности.
12. Течение жидкостей в капиллярах и пористых средах. Уравнение Жюрена. Закона Пуазейля. Уравнение Дарси .
13. Адсорбция, количественные способы выражения ее величины, классификация. Характеристика физической и химической адсорбции.
14. Адсорбция на границе твердое тело – газ. Теория мономолекулярной адсорбции Лэнгмюра. Эмпирическое уравнение адсорбции Фрейндлиха. Теория полимолекулярной адсорбции Поляни. Адсорбционный потенциал. Многослойная адсорбция: теория БЭТ.
15. Адсорбция на границе жидкость – газ. Фундаментальное уравнение адсорбции Гиббса. Строение адсорбционного слоя на границе раствор – газ. Уравнение Шишковского.

16. Адсорбция на границе твердое тело – раствор. Молекулярная адсорбция. Правило уравнивания полярностей Ребиндера. Влияние природы растворителя на адсорбцию (правило Шилова). Ионная адсорбция. Правило избирательной адсорбции Пескова – Фаянса.
17. Отличительные особенности адсорбции полимеров на твердом адсорбенте.
18. Электроповерхностные явления.

По окончании семестра проводится промежуточная аттестация в форме зачета с оценкой. К зачету обучающиеся получают перечень вопросов, из которых формируются КИМ по предмету.

Для оценивания результатов обучения на зачете используются следующие показатели:

- 1) знание теоретических основ физико-химических явлений, происходящих на границе раздела фаз в межфазном поверхностном слое в дисперсных системах в результате превращения избыточной поверхностной энергии;
- 2) владение методами теоретического описания поверхностных физико-химических явлений.
- 3) умение использовать знание таких физико-химических явлений как адгезия, смачивание, капиллярность, адсорбция, электроповерхностные явления для решения практических задач.

Для оценивания результатов обучения на зачете с оценкой используется 4-балльная шкала: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

При реализации дисциплины с применением дистанционных образовательных технологий оценка за зачет/экзамен может быть выставлена по результатам текущей аттестации обучающегося в семестре.

Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения

| Критерии оценивания компетенций | Уровень сформированности компетенций | Шкала оценок |
|---|--------------------------------------|---------------------|
| Полное соответствие ответа обучающегося всем перечисленным критериям. Продемонстрировано всестороннее и глубокое знание теоретических основ процессов, протекающих на границе раздела фаз в дисперсных системах. | Повышенный уровень | Отлично |
| Обучающийся владеет теоретическими основами процессов, протекающих в межфазном поверхностном слое, дает обоснованный и аргументированный ответ на поставленные вопросы. Содержатся непринципиальные ошибки и неточности, которые должны быть исправлены в соответствии с замечаниями и вопросами экзаменатора. | Базовый уровень | Хорошо |
| Обучающийся владеет частично теоретическими основами физико-химических явлений в дисперсных системах, демонстрирует частичные знания. | Пороговый уровень | Удовлетворительно |
| Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует перечисленным показателям. Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки. Допущенные ошибки в изложении материала не в состоянии исправить в соответствии с замечаниями и наводящими вопросами преподавателя. | – | Неудовлетворительно |