

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.  
23.05.2025



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**ФТД.В.01. Поверхностные явления в дисперсных системах**

- 1. Код и наименование направления подготовки/специальности:**  
04.03.01 Химия
- 2. Профиль:** Химия
- 3. Квалификация выпускника:** бакалавр
- 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 № 10-05 от 22.05.2025
- 8. Учебный год:** 2028-2029                      **Семестр:** 7

## 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, анализ и обработку научно-технической (научной) информации, необходимой для решения задач химической направленности, поставленных специалистом более высокой квалификации	ПК-1.1	Обеспечивает сбор научно-технической (научной) информации, необходимой для решения задач исследования, поставленных специалистом более высокой квалификации	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 литературных источников по заданной тематике, оформляет отчеты о выполненных научно-исследовательских работах по заданной форме	

**12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час. – 2/72.**

**Форма промежуточной аттестации**

зачет.

### 13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы		Трудоемкость		
		Всего	По семестрам	
			7 семестр	
Контактная работа		36	36	
в том числе:	лекции	36	36	
	практические			
	лабораторные			
	курсовая работа			
Самостоятельная работа		36	36	
Промежуточная аттестация (для экзамена)				
Итого:		72	72	

#### 13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК
<b>1. Лекции</b>			
1.1	Характеристика и методы получения дисперсных систем	Классификация дисперсных систем, основные диспергационные 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.	

### 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			4	8
1.2	Строение дисперсных частиц. Особенности дисперсного состояния вещества	4			8	12
1.3	Термодинамика поверхностных явлений	4			4	8
1.4	Капиллярные явления	6			8	14
1.5	Адгезия и смачивание	6			4	10
1.6	Адсорбция	6			4	10
1.7	Электроповерхностные явления	6			4	10
	Итого:	36			36	72

### 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,
- 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.

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 <a href="https://www.lib.vsu.ru">https://www.lib.vsu.ru</a>
12	Университетская библиотека online <a href="http://biblioclub.ru/">http://biblioclub.ru/</a>
13	Естественно-научный образовательный портал <a href="http://www.en.edu.ru">http://www.en.edu.ru</a>
14	Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам». <a href="http://window.edu.ru">http://window.edu.ru</a>
15	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU <a href="http://www.elibrary.ru">http://www.elibrary.ru</a>
16	Chemnet - официальное электронное издание Химического факультета МГУ в Internet <a href="http://www.chem.msu.ru/rus">http://www.chem.msu.ru/rus</a>
17	Электронно-библиотечная система "Консультант студента" <a href="http://www.studmedlib.ru">http://www.studmedlib.ru</a>

**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) 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. Ноутбук
2. Проектор
3. 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-1.1 ПК-1.2	Домашние задания
2	Строение дисперсных частиц. Особенности дисперсного состояния вещества	ПК-1	ПК-1.1 ПК-1.2	Домашние задания Лабораторные работы
3	Термодинамика поверхностных явлений	ПК-1	ПК-1.1 ПК-1.2	Домашние задания Тестовые задания Лабораторные работы
4	Капиллярные явления	ПК-1	ПК-1.1 ПК-1.2	Домашние задания Практико-ориентированные задания
5	Адгезия и смачивание	ПК-1	ПК-1.1 ПК-1.2	Домашние задания Лабораторные работы
6	Адсорбция	ПК-1	ПК-1.1 ПК-1.2	Домашние задания Лабораторные работы
7	Электроповерхностные явления	ПК-1	ПК-1.1 ПК-1.2	Домашние задания
Промежуточная аттестация форма контроля – зачет				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 лекционном занятии. На следующем лекционном занятии студенты представляют решение домашнего задания.

Тестирования проводятся на лекционном занятии, о чем преподаватель заранее сообщает обучающимся.

### 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.

При проведении промежуточной аттестации может быть реализовано тестирование по следующим вопросам для формирования соответствующих компетенций:

ПК-1. Способен проводить сбор, анализ и обработку научно-технической (научной) информации, необходимой для решения задач химической направленности, поставленных специалистом более высокой квалификации

Перечень заданий для проверки сформированности компетенции:

1) При полном смачивании поверхности краевой угол смачивания  $\theta$

- 1)  $\theta = 0^\circ$
- 2)  $\theta = 90^\circ$
- 3)  $\theta = 180^\circ$

Правильный ответ 1)

2) При изотермической перегонке площадь поверхности капель жидкости

- 1) не изменяется
- 2) возрастает
- 3) уменьшается

Правильный ответ 3)

3) Физическая адсорбция характеризуется

- 1) значительной энергией активации
- 2) специфичностью
- 3) теплотой адсорбции примерно 10-40 кДж/моль

Правильный ответ 3)

4) Для описания адсорбции в микропорах используют

- 1) теорию адсорбции Ленгмюра
- 2) теорию адсорбции Поляни или БЭТ
- 3) теорию объемного заполнения пор

Правильный ответ 3)

5) Твердая поверхность является смачиваемой, если смачивание  $\cos \theta$

- 1)  $\cos \theta > 0$
- 2)  $\cos \theta < 0$
- 3)  $\cos \theta = 0$

Правильный ответ 1)

6) Адгезия обозначает сцепление между молекулами вещества

- 1) за счет физических и химических взаимодействий двух фаз
- 2) за счет ковалентных связей внутри фазы
- 3) за счет всех видов связей присущих данному веществу в пределах одной фазы

Правильный ответ 1)

7) Скорость течения жидкости в капилляре определяется уравнением

- 1) Пуазейля
- 2) Рейнольдса

3) Жюрена  
Правильный ответ 1)

8) Величина краевого угла смачивания определяется  
1) внешним давлением  
2) температурой  
3) величиной поверхностного натяжения на границе раздела фаз  
Правильный ответ 3)

9) При увеличении температуры поверхностное натяжение  
1) увеличивается  
2) уменьшается  
3) не изменяется  
Правильный ответ 1)

10) Поверхность считается несмачиваемой, если капля, нанесенная на поверхность  
1) образует плоский тонкий слой  
2) квадратную форму  
3) имеет сферическую форму  
Правильный ответ 3)

11) Работа адгезии определяется  
1) внешним давлением  
2) температурой  
3) величиной поверхностного натяжения на межфазных границах  
Правильный ответ 3)

12) Для описания адсорбции в макропорах используют  
1) теорию адсорбции Ленгмюра  
2) теорию адсорбции Поляни или БЭТ  
3) теорию объемного заполнения пор  
Правильный ответ 1)

13) При капиллярной конденсации конденсация паров смачивающей жидкости в пористых телах происходит при давлениях,..... давления насыщенного пара над гладкой поверхностью. Дополните:  
1) меньших;  
2) больших;  
3) равных;  
4) равных и больших  
Правильный ответ 1)

14) Увеличение дисперсности вещества  
1) вызывает увеличение его растворимости  
2) вызывает уменьшение его растворимости  
3) не изменяет его растворимость  
Правильный ответ 1)

15) При увеличении размера капель жидкости равновесное давление насыщенного пара над ними будет:  
1) понижаться  
2) повышаться  
3) не изменится  
Правильный ответ 1)

По окончании семестра проводится промежуточная аттестация в форме зачета. 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 поверхностных 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 поверхностных 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 не принципиальные 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