

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
(ВлГУ)

УТВЕРЖДАЮ

Проректор
по образовательной деятельности



А.А. Панфилов

« 03 » 09 2019 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«АДСОРБЦИЯ И АДСОРБЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ»**

Направление подготовки 04.04.01 «Химия»

Профиль/программа подготовки «Химия окружающей среды, химическая экспертиза и экологическая безопасность»

Уровень высшего образования магистратура

Форма обучения очная

Семестр	Трудоемкость зач. ед./ час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	СРС, час.	Форма промежуточной аттестации (экзамен/зачет/зачет с оценкой)
3	3/108	18			90	зачет
Итого	3/108	18			90	зачет

Владимир 2019 г.

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения дисциплины адсорбция и адсорбционные процессы являются: углубление знаний в области специфических свойств дисперсных систем, которые являются основой многих технологических процессов и широко используются при получении различных материалов, основные свойства которых зависят от дисперсности, природы поверхности и связаны с закономерностями структурообразования; изучение явлений присущих дисперсным системам, что необходимо как для оптимизации химико-технологических процессов, так и при решении задач охраны окружающей среды (очистка сточных вод, улавливание промышленных выбросов).

Задачи: изучение закономерностей и механизма адсорбционных процессов в жидкостях и газах.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина адсорбция и адсорбционные изучается в вариативной части учебного плана.

Пререквизиты дисциплины: коллоидная химия, физика, математика, физическая химия, физико-химическая механика

3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОПОП

Код формируемых компетенций	Уровень освоения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине характеризующие этапы формирования компетенций (показатели освоения компетенции)
1	2	3
ОПК-1	Частичное	<i>Знать:</i> теоретические основы химических и физико-химических процессов, применяемых методов и методик; <i>Уметь:</i> выполнять комплексные экспериментальные и расчетно-теоретические исследования в избранной области химии или смежных наук; <i>Владеть:</i> способностью применения современных приборов, программного обеспечения и баз данных профессионального назначения при проведении реализации научно-исследовательской деятельности
ОПК-2	Частичное	<i>Знать:</i> теоретические основы современных физико-химических методов анализа, технологии и специализированные программы для обработки полученных данных и проведения эксперимента; <i>Уметь:</i> анализировать, интерпретировать и обобщать результаты экспериментальных и расчетно-теоретических работ в избранной области химии или смежных наук; <i>Владеть:</i> способностью применять основные естественнонаучные законы и закономерности химической науки при анализе полученных результатов;
ПК-5	Частичное	<i>Знать:</i> основные законы физической химии, способы их применения для решения теоретических и прикладных задач, а также особенности строения различных материалов и их физико-химические свойства; <i>Уметь:</i> производить высокоточные лабораторные исследования, направленные на определение химических свойств и состава материалов, проб, образцов и разного рода изделий

		<i>Владеть: способностью</i> осуществлять научно-исследовательскую и профессиональную деятельность, связанную с использованием эффективных методик и методов химико-физического анализа
--	--	---

4. ОБЪЕМ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц, 108 часов

№ п/п	Наименование тем разделов дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Объем учебной работы, с применением интерактивных методов (в часах/%)	Формы текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	СРС		
1.	Введение. Содержание и задачи курса.	3	1	2			10	1/50%	
2.	Термодинамика поверхностных явлений.	3	3	2			10	1/50%	
3.	Адсорбция на поверхности раздела фаз. Капиллярные явления.	3	5	2			10	1/50%	Рейтинг контроль №1
4.	Адсорбционное уравнение Гиббса	3	7	2			10	1/50%	
5.	Адсорбция ПАВ. Правило Дюкло – Траубе.	3	9	2			10	1/50%	Рейтинг контроль №2
6.	Строение адсорбционных слоев	3	11	2			10	1/50%	
7.	Адсорбция на границе жидкость – газ.	3	13	2			10	1/50%	
8.	Адсорбция на пористых адсорбентах.	3	15	2			10	1/50%	
9.	Адсорбционное модифицирование твердой поверхности поверхностно – активными веществами	3	17	2			10	1/50%	Рейтинг контроль №3
Всего за 3 семестр				18			90	9/50%	зачет
Наличие в дисциплине КП/КР									
Итого по дисциплине				18			90	45/50%	зачет

СОДЕРЖАНИЕ ЛЕКЦИОННЫХ ЗАНЯТИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Раздел 1. Введение. Содержание и задачи курса.

Тема 1 Общая характеристика адсорбции.

Содержание темы. К наиболее распространенным и важным явлениям относится адсорбция, которая представляет собой в общем случае процесс самопроизвольного перераспределения компонентов между поверхностным слоем и объемной фазой. Адсорбция наблюдается в системах, состоящих не менее чем из двух фаз. Задачи курса состоят в том, чтобы рассмотреть количественные и качественные характеристики адсорбции.

Раздел 2. Термодинамика поверхностных явлений.

Тема 1 Элементы термодинамики поверхностных явлений

Содержание темы. Термодинамическое описание гетерогенных систем с учетом естественных границ раздела по методу Гиббса. Понятие о разделяющей поверхности, её макроскопических свойствах. Поверхностное натяжение и площадь разделяющей поверхности как сопряженные свойства, ответственные за механическое взаимодействие с окружающей средой. Фундаментальные уравнения Гиббса для разделяющей поверхности и прилегающих к ней фаз. Свободная энергия разделяющей поверхности (избыточная свободная энергия или поверхностная свободная энергия), уравнение для полного её дифференциала. Условия фазового равновесия при наличии искривленной и плоской границы раздела.

Раздел 3. Адсорбция на поверхности раздела фаз. Капиллярные явления.

Тема 1 Понятие об адсорбции и капиллярной конденсации.

Содержание темы. Количественная мера адсорбции компонентов в методе Гиббса. Представление о других методах описания явления адсорбции. Влияние кривизны границы раздела на равновесные свойства сосуществующих фаз. Зависимость давления насыщенного пара над жидкостью или твердым телом от кривизны границы раздела. Капиллярная конденсация. Связь между растворимостью твердого или жидкого вещества в жидкости и кривизной соответствующей границе раздела.

Раздел 4. Адсорбционное уравнение Гиббса.

Тема 1 Математическое описание адсорбционных явлений

Содержание темы. Адсорбционное уравнение Гиббса для общего и частного положения разделяющей поверхности. Анализ уравнения с учетом природы сосуществующих фаз.

Раздел 5. Поверхностная активность адсорбирующихся веществ.

Тема 1 Поверхностно-активные, поверхностно-инактивные и поверхностно-индифферентные вещества.

Содержание темы. Поверхностная активность является важнейшей адсорбционной характеристикой веществ, определяющей многие их свойства и области применения. Величина и знак поверхностной активности зависит как от природы самого вещества, так и от природы растворителя и адсорбента. Все вещества по способности адсорбироваться на границе раздела фаз делятся на три группы.

Раздел 6. Строение адсорбционных слоев.

Тема 1 Газообразные и конденсированные слои.

Содержание темы. Строение поверхностного слоя. Расчет размеров молекул растворенного вещества по величине его предельной поверхностной концентрации. Влияние концентрации и характера взаимодействия адсорбированных молекул ПАВ, на различное строение адсорбционных слоев. Применение метода поверхностных пленок для изучения строения молекул вещества образующейся пленки.

Раздел 7. Адсорбция на границе жидкость – газ.

Тема 1 Анализ процессов на границе жидкость-газ с использованием адсорбционного уравнения Гиббса.

Содержание темы. Количественное изучение закономерностей адсорбции на границе раствор-газ и её влияние на характер поверхностного натяжения жидкости. Характер зависимости поверхностного натяжения от концентрации растворенного вещества в жидкой фазе для поверхностно-активных, поверхностно-инактивных и поверхностно-индифферентных веществ. Вид соответствующих изотерм адсорбции. Определение предельной величины поверхностной концентрации растворенного вещества. Мономолекулярные пленки нерастворимых веществ на границе раздела жидкость-газ

Раздел 8. Адсорбция на границе раздела твердое тело – газ.

Тема 1 Особенности адсорбции газов на твердых поверхностях.

Содержание темы. Различные количественные меры адсорбции компонента газовой фазы, связь между ними, их экспериментальное определение. Изотермы адсорбции, их характер в зависимости от природы и числа компонентов газовой фазы и природы адсорбента. Динамика процесса адсорбции. Понятие о теплоте адсорбции, природе адсорбционных сил, физической и химической адсорбции. Теория мономолекулярной адсорбции Лэнгмюра, основное уравнение теории. Понятие о полимолекулярной адсорбции. Теория адсорбции Брунауэра, Эммета и Теллера, основное уравнение теории.

Раздел 9. Адсорбционное модифицирование твердой поверхности поверхностно – активными веществами

Тема 1 Адсорбция на границе раздела твердое тело – жидкость и её особенности.

Содержание темы. Явление смачивания. Смачивание и не смачивание твердого тела жидкостью. Влияние добавок поверхностно-активных веществ к жидкой фазе и предварительной обработки поверхности твердого тела на смачиваемость. Применение явления смачивания или не смачивания в технике. Тонкие пленки смазывающих материалов на границе двух твердых тел. Механизм смазывающего действия пленок.

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В преподавании дисциплины «Адсорбция и адсорбционные процессы» используются разнообразные образовательные технологии как традиционные, так и с применением активных и интерактивных методов обучения.

Активные и интерактивные методы обучения:

- *Интерактивная лекция (раздел 1 тема № 1);*
- *Групповая дискуссия (раздел 3, тема № 1);*

- *Применение имитационных моделей (раздел 6, тема №1);*
- *Разбор конкретной ситуации (раздел 8, тема № 1).*

6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО - МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Текущий контроль успеваемости проводится по результатам проведения рейтинг-контроля по следующим тестам:

Рейтинг-контроль № 1

ВОПРОС 1 *Ознакомьтесь с положениями, характеризующими поверхностные явления. Какое из них — неудовлетворительно?*

ОТВЕТЫ:

1. Поверхностными называется тонкий трехмерный слой, образующийся на поверхности контактирующих фаз и имеющий конечные размеры.
2. На границе раздела жидкость — газ равнодействующая сил межмолекулярного взаимодействия направлена нормально к поверхности в сторону жидкой фазы.
3. Работа, совершаемая в изотермических условиях в процессе перевода молекулы из объемной фазы в поверхностный слой, равна увеличению свободной поверхностной энергии.
4. Поверхностная энергия — это работа разрыва связей при дроблении твердых тел, связанная с увеличением поверхности раздела.
5. Внутреннее давление — это сила, с которой поверхностный слой воздействует на объем фазы.

ВОПРОС 2. *Изучите определения, характеризующие природу поверхностного натяжения. Какое из них требует уточнения?*

ОТВЕТЫ:

1. Работа образования единицы поверхности, совершаемая против сил внутреннего давления, называется поверхностным натяжением.
2. Величина σ — поверхностное натяжение — является коэффициентом пропорциональности между работой, затраченной на изменение площади поверхности и этим изменением площади.
3. Согласно экспериментальным данным поверхностное натяжение линейно уменьшается с ростом температуры вплоть до критической.
4. Величина σ характеризует межмолекулярное сцепление, полярность жидкости и связана с дипольным моментом, поляризуемостью вещества и диэлектрической проницаемостью.
5. Все утверждения справедливы.

ВОПРОС 3. В каком случае переход к следующему фрагменту вывода уравнение адсорбции Гиббса недостаточно обосновано?

ОТВЕТ:

1. Изменение свободной энергии поверхностного слоя:

$$dF = \sigma dA + Ad\sigma + \sum_i \mu_i dn_i + \sum_i n_i d\mu_i \quad (1)$$

2. По аналогии с уравнением Гиббса-Дюгема:

$$Ad\sigma + \sum_i n_i d\mu_i = 0 \quad (2)$$

3. Ограничиваясь только изотермическими процессами и разделив обе части уравнения (2) на A , получим, $d\sigma = -\sum_i \Gamma_i d\mu_i$

4. Для бинарной система (индекс 1 — растворитель, 2 — растворенное вещество $d\sigma = -\Gamma_1 d\mu_1 - \Gamma_2 d\mu_2$

5. Так как $d\mu = RT d \ln a$, допуская замену активности на концентрацию для разбавленных растворов, получим $\Gamma = -\frac{c}{RT} \cdot \frac{d\sigma}{dc}$

ВОПРОС 4. Для каких из приведенных веществ в случае водных растворов величина $d\sigma/dc$ больше нуля?

1. неорганические электролиты
2. органические кислоты
3. спирты
4. белки
5. сложные эфиры.

Рейтинг – контроль № 2

ВОПРОС 1. Проанализируйте уравнения, характеризующие поверхностное натяжение и поверхностную энергию. Какое из них требуется дополнительно уточнить?

ОТВЕТЫ:

1. $\Delta w = \sigma \Delta A$

2. $\sigma = \left(\frac{dG}{dA} \right)_{T,P,n_i}$

3. $U = \sigma - T \left(\frac{dG}{dT} \right)_V$

4. $\frac{dG}{dT} = const$

5. $\sigma = \left(\frac{dF}{dA} \right)_{V,T,n}$

ВОПРОС 2. Изучите положения, характеризующие природу адсорбционных сил. Какое из них не соответствует современным представлениям?

ОТВЕТЫ:

1. Адсорбционными называются силы межмолекулярного взаимодействия между молекулами или атомами, находящимися в разных фазах.

2. Как силы особого рода адсорбционные силы обладают ориентационным, индукционным и дисперсионным взаимодействием.

3. Для понимания природы адсорбционных сил необходимо учитывать, что в акте адсорбции молекула адсорбата взаимодействует не с одним, а со всеми ближайшими атомами адсорбента, т.е. с объемом.

4. Толщина адсорбционных слоев может достигать тысяч ангстрем, этот факт указывает на дальное действие адсорбционных сил.

5. Теория межмолекулярных сил показывает, что все три компоненты энергии притяжения: ориентационная, индукционная и дисперсионная составляющие обратно пропорциональны шестой степени расстояния.

ВОПРОС 3. Какая из приведенных зависимостей называется изотермой адсорбции?

ОТВЕТЫ:

1. $a = f(T)$

2. $a = f(P)$

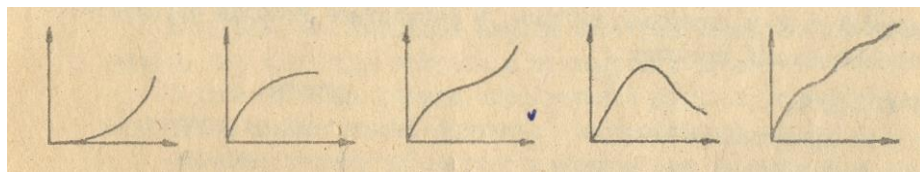
3. $P = f(T)$

4. $P = f(a)$

5. $T = f(P)$

ВОПРОС 4. Изучите кривые, представляющие зависимость количества адсорбируемого вещества (ордината) от давления в газовой фазе (абсцисса) для межфазной поверхности раздела твердое тело — газ. Какая из кривых характерна для теории адсорбции БЭТ?

ОТВЕТЫ:



ВОПРОС 5. Проанализируйте уравнения, описывающие адсорбцию на твердой и жидкой поверхности раздела фаз. Какое из них является эмпирическим?

ОТВЕТЫ:

1. $a(1 + kP) = a_{\max} kP$

k – константа

2. $\lg a = \lg b + \frac{1}{n} \lg P$

b, n – константы

3. $\Gamma = \Gamma_{\infty} \frac{kc}{1+kc}$

c – концентрация

$$4. \quad a = \frac{a_{\max} kP / P_s}{\left(1 - \frac{P}{P_s}\right) \left[1 + (k-1) \frac{P}{P_s}\right]}$$

P_s – давление насыщенного пара

$$5. \quad a = K_T P$$

K_T – константа Генри

Рейтинг – контроль № 3

ВОПРОС 1. Изучите положения, характеризующие адсорбцию на межфазной поверхности твердое тело — газ. Какое из них не согласуется с исходными положениями теории адсорбции Ленгмюра?

ОТВЕТЫ:

1. Адсорбция молекул адсорбтива происходит на активных центрах, находящихся на поверхности твердого адсорбента.

2. Адсорбированные молекулы удерживаются активными центрами только в течение определенного времени, которое не зависит от температуры.

3. Поверхностная концентрация адсорбтива пропорциональна давлению газа и концентрации свободных активных центров.

4. Вследствие малого радиуса действия адсорбционных сил и их способности к насыщению поверхность адсорбента может быть заполнена только одним мономолекулярным слоем адсорбтива.

5. Адсорбированные на соседних активных центрах молекулы адсорбтива не взаимодействуют между собой.

6. Адсорбция представляется как квазихимическая реакция между молекулой газа и активным центром, в результате которой образуется адсорбированный комплекс.

ВОПРОС 2. Какую из приведенных величин определяет частная производная от термодинамического потенциала по площади?

$$\left(\frac{dG}{dA}\right)_{T,P,c}$$

ОТВЕТЫ:

1. химический потенциал

2. внутренняя энергия

3. поверхностное натяжение

4. поверхностная активность

5. свободная энергия.

ВОПРОС 3. Проанализируйте следующие исходные положения теории молекулярной адсорбции Поляни. Какое из них не соответствует современным теоретическим и экспериментальным данным?

ОТВЕТЫ:

1. Адсорбция обуславливается только физическими Ван-дер-ваальсовыми силами. На поверхности адсорбента нет активных центров.

2. Адсорбционные силы действуют на расстояния, превышающие размеры отдельных молекул адсорбтива. Образуется адсорбционный объем.

3. Каждая точка внутри адсорбционного объема характеризуется определенным значением адсорбционного потенциала.

4. Адсорбционный потенциал представляет собой изотермическую работу сжатия газа (пара) при переводе его из объемной фазы в область поверхностного слоя с давлением, отличным от равновесного.

5. Действие адсорбционных сил по мере удаления от межфазной поверхности уменьшается и на некотором расстоянии равно нулю.

6. Зависимость адсорбционного потенциала от адсорбционного объема носит название характеристической кривой.

ВОПРОС 4. *Какой из перечисленных экспериментальных методов не позволяет определять поверхностное натяжение?*

ОТВЕТЫ:

1. Метод максимального давления пузырька (метод Ребиндера)
2. Метод перемещения шарика в дисперсионной среде
3. Сталагмометрический метод отрыва капли жидкости
4. Тензиметрический метод отрыва кольца
5. Метод капиллярного поднятия жидкости.

ВОПРОС 5. *Изучите положения, характеризующие адсорбцию на межфазной поверхности твердое тело — газ (пар). Какое из них существенно отличается от основных положений теории полимолекулярной адсорбции паров Брунауэра — Эмметта — Теллера?*

ОТВЕТЫ:

1. На поверхности твердого адсорбента имеются неравноценны в энергетическом отношении активные центры.

2. Адсорбция многослойна. Каждая молекула первого слоя служит центром для адсорбции второго и последующих слоев.

3. Первый слой адсорбтива образуется в результате действия Ван-дер-ваальсовых сил, последующие — в результате компенсации.

4. Адсорбированная фаза представляется как совокупность адсорбированных комплексов — молекулярных цепочек, которые энергетически не взаимодействуют друг с другом.

5. Теплоты адсорбции единичного и двойного комплексов приблизительно одинаковы и равны теплоте объемной конденсации.

6. Адсорбцию молекул пара можно рассматривать как серию квазихимических реакций образования адсорбционных комплексов.

7. При значениях давления в газовой фазе, далеких от давления насыщенного пара, образуется мономолекулярный слой.

8. При увеличении давления в газовой фазе число свободных активных центров сокращается, а число кратных комплексов растёт.

9. Объемная конденсация пара происходит при достижении давлений, равных давлению насыщенного пара при данной температуре

10. Предполагается, что площадь, приходящаяся на одну молекулу адсорбтива в поверхностном слое - постоянная величина. Это дает возможность вычислять величину удельной поверхности адсорбента.

ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ)

1. Как определить удельную поверхность адсорбента с помощью теории БЭТ?
2. Как изменяется поверхностное натяжение и концентрация растворов ПАВ после контакта с углем?
3. Каков физический смысл предельной адсорбции?
4. Как найти удельную поверхность адсорбента?
5. Характеристика межфазной поверхности.
6. Энергетические параметры поверхности.
7. Общая характеристика адсорбции.
8. Адсорбционное уравнение Гиббса.
9. Межмолекулярное взаимодействие при адсорбции.
10. Уравнение адсорбции Генри.
11. Уравнение адсорбции Фрейндлиха.
12. Уравнение адсорбции Ленгмюра.
13. Теория полимолекулярной адсорбции БЭТ.
14. Адсорбция на микропористых адсорбентах.

ТЕМЫ РЕФЕРАТОВ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

1. Поверхностная энергия и поверхностное натяжение.
2. Классификация поверхностных явлений.
3. Поверхностная активность. Поверхностно – активные вещества.
4. Адсорбция, теория мономолекулярной адсорбции Ленгмюра.
5. Закономерности адсорбции из растворов на твердых адсорбентах.
6. Адсорбционное уравнение Гиббса и его формы.
7. Количественные закономерности процесса адсорбции.
8. Практическое значение поверхностно – активных веществ.
9. Адсорбционные явления и их характеристика.
10. Классификация веществ по поверхностной активности.
11. Межмолекулярные взаимодействия при адсорбции.
12. Теория полимолекулярной адсорбции БЭТ.

Поддержка самостоятельной работы студентов обеспечивается соответствующей учебно-методической литературой:

1. Ольшевский М.В., Дорофеева И.Б. Коллоидная химия. Поверхностные явления и дисперсные системы. Рейтинговая система организации и оценки самостоятельной работы студента/ Учеб. пособие. ВлГУ, Владимир. – 2003.
2. Практические работы по коллоидной химии. Шиляева Л.П., Судакова Н.Н., Белоусова В.Н., Минакова Т.С., Мамонтов Г.В. Учебное пособие. 2015. 244 стр.
3. Практикум по коллоидной химии. Кириченко О.А. Учебное пособие. 2012. 110 стр.

Фонд оценочных средств для проведения аттестации уровня сформированности компетенций обучающихся по дисциплине оформляется отдельным документом.

7. УЧЕБНО – МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1. Книгообеспеченность

Наименование литературы: автор, название, вид издания, издательство	Год издания	КНИГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ	
		Количество экземпляров изданий в библиотеке ВлГУ в соответствии с ФГОС ВО	Наличие в электронной библиотеке ВлГУ
1	2	3	4
Основная литература*			
1. Воюцкий С.С. Курс коллоидной химии: учебник 2-е изд. - М.: Химия, 1976. - 512 с.	1976	102	
Улитин М.В., Шаронов Н.Ю., Федорова А.А. Адсорбция. Практические руководства к выполнению лабораторного практикума. – Изд-во Ивановский государственный химико-технологический университет, 2009, 56 с.	2009		https://e.lanbook.com/book/4468
3.Фридрихсберг Д.А. Курс коллоидной химии: учебник. – Л.:, 2010. - 416 с.	2010	86	
4.Товбин Ю.К. Молекулярная теория адсорбции в пористых телах: учебник изд. "Физматлит". Химия, 2012. - 624с.	2012		https://e.lanbook.com/book/59746
5. Вережников В.Н., Гермашева И.И., Крысин М.Ю. Коллоидная химия поверхностно-активных веществ: Учебное пособие. – Изд-во «Лань», 2015. 304 с.	2015		https://e.lanbook.com/book/64325
6.Филонов М.Р. Методы физико-химических исследований процессов и материалов. - М.: МИСиС, 2016. - 103 с.	2016		http://www.studentlibrary.ru/book
7. Марков В. Ф. Маскаева Л. Н. Брусницына Л. А. Алексеева Т. А. Коллоидная химия: примеры и задачи: Учебное пособие - 2-е изд., стер. - М.: Флинта, Изд-во Урал. ун-та, 2017. - 188 с.	2017		http://znanium.com/catalog/product/948402
Дополнительная литература			
1.Родин В.В. Физическая и коллоидная химия: учебное пособие.- Ставрополь: АГРУС, 2013. - 156 с.	2013	10	
2. Кириченко О. А. Практикум по коллоидной химии: Учебно-методическое пособие - М.:МПГУ,	2012		http://znanium.com/catalog/product/757805

2012. - 110 с.			
3. Францева Н. Н. Безгина Ю. А. Романенко Е. С. Волосова Е. В. Коллоидная химии: учебное пособие. - Ставрополь: Параграф, 2013. - 52 с.	2013		http://znanium.com/catalog/product/514197
Валова (Копылова) В.Д., Абесадзе Л.Т. Физико-химические методы анализа. - М.: Дашков и К, 2018. - 224 с.	2018		http://znanium.com/catalog/product/430532

7.2. Периодические издания

1. Вода: химия и экология.
2. Сорбционные и хроматографические процессы.
3. Environ Technol.
4. Восточно – Европейский журнал передовых технологий
5. Физико-химическая механика материалов

7.3. Интернет – ресурсы

1. <https://ru.wikipedia.org/wiki/>
2. <http://www.chemport.ru/>
3. <http://www.xumuk.ru/>
4. <http://elibrary.ru/>
5. <http://sci-hub.org/>

8. МАТЕРИАЛЬНО – ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Для реализации данной дисциплины имеются специальные помещения для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Лабораторные и лекционные занятия проводятся в ауд. 331-1 «Физическая и коллоидная химия».

Перечень используемого лицензионного программного обеспечения Windows 7, Microsoft Office 2010.

Рабочую программу составил д.х.н. проф. Кухтин Б.А.

(ФИО, подпись)

Рецензент

(представитель работодателя) научный сотрудник ООО «БМТ» к.х.н. Третьяков А.В.

(место работы, должность, ФИО, подпись)

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры химии

Протокол № 1 от 03.09.2019 года

Заведующий кафедрой д.х.н. проф. Кухтин Б.А.

(ФИО, подпись)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии направления 04.04.01 «Химия»

Протокол № 1 от 03.09.2019 года

Председатель комиссии д.х.н. проф. Кухтин Б.А.

(ФИО, подпись)

**ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ**

Рабочая программа одобрена на 20 20 / 20 21 учебный года

Протокол заседания кафедры № 11 от 26.06.20 года

Заведующий кафедрой Кукетин

Рабочая программа одобрена на 20 21 / 20 22 учебный года

Протокол заседания кафедры № 1 от 30.08.21 года

Заведующий кафедрой Н.Н. Смирнова

Рабочая программа одобрена на 20 ____ / 20 ____ учебный года

Протокол заседания кафедры № ____ от ____ года

Заведующий кафедрой _____

Рецензия
на рабочую программу дисциплины «Адсорбция и адсорбционные процессы» для
студентов направления 04.04.01 «Химия» очной формы обучения (автор профессор
Кухтин Б.А.)

На рецензирование представлена рабочая программа дисциплины «Адсорбция и адсорбционные процессы» профессора кафедры химии Кухтина Б.А. для студентов направления 04.04.01 «Химия» очной формы обучения.

В рабочей программе четко сформулирована цель освоения студентами данной дисциплины и задачи, выполнение которых позволяют достигнуть обозначенную цель.

В соответствии с ФГОС ВО в программе перечислены компетенции, в формировании которых участвует дисциплина. Определены и четко согласованы с соответствующими компетенциями результаты образования.

Объем дисциплины (в зачетных единицах и часах) соответствует учебному плану направления. Тематический план дисциплины представлен с разбиением по неделям с указанием количества всех форм занятий, в том числе в интерактивной форме. Перечислены контрольные мероприятия текущей и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины. В части содержания дисциплины тематический план представлен достаточно подробно, что позволяет составить представление о материале лекционного курса, тематике лабораторных занятий и сделать вывод о том, что содержание дисциплины полностью соответствует современным тенденциям развития науки и техники в области химии.

В рабочей программе содержатся оценочные средства в виде заданий рейтинг-контроля, вопросов к зачету, тематики практических занятий, которые позволяют преподавателю объективно оценить результаты освоения дисциплины в процессе и в конце обучения. Даны методические указания и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента как неотъемлемой составной части образовательного процесса.

Описаны технологии обучения, применяемые автором для активизации образовательного процесса для всех форм занятий: лекций, лабораторных занятий, самостоятельной работы.

В рабочей программе перечислена учебно-методическая литература, рекомендованная автором для изучения дисциплины: основная, которая формирует основные результаты образования и заявленные компетенции, и дополнительная (в том числе Интернет-ресурсы), необходимая для более глубокого освоения основных положений дисциплины и развития творческих и интеллектуальных способностей студентов.

Заявленное в рабочей программе материально-техническое обеспечение позволяет реализовать задачи дисциплины и достигнуть поставленной цели.

Таким образом, представленная рабочая программа дисциплины «Адсорбция и адсорбционные процессы» профессора кафедры химии составлена в полном соответствии с требованиями ФГОС ВО и может быть использована при подготовке магистров направления 04.04.01 «Химия»

Рецензент _____

научный сотрудник ООО «БМТ», к.х.н. Третьяков А.В.

