

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

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
физической химии, проф.



Введенский А.В.

20.05.2019

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.ДВ.1.2 Основы термодинамики необратимых процессов

- 1. Шифр и наименование направления подготовки/специальности:**
04.05.01 -Фундаментальная и прикладная химия
- 2. Профиль подготовки/специализации:**
- 3. Квалификация (степень) выпускника:** Химик. Преподаватель химии.
- 4. Форма образования:** очная
- 5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:**
кафедра физической химии
- 6. Составители программы:** Зарцын И.Д., д.х.н., проф.
- 7. Рекомендована:** научно - методическим Советом химического факультета от 18.04.2019 протокол № 4
- 8. Учебный год:** 2020 / 2021 **Семестр 5**

9. Цели и задачи учебной дисциплины: Обучить студентов основным положениям термодинамики необратимых процессов, расширить их возможности в применении термодинамических методов к описанию неравновесных систем, необратимых физико-химических и химико-технологических процессов.

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:

Вариативная часть блока 1

11. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины:

Компетенция		Планируемые результаты обучения
Код	Название	
ОПК-1	Способность воспринимать, развивать и использовать теоретические основы традиционных и новых разделов химии при решении профессиональных задач	знать: механизм электрохимических реакций, термодинамику и кинетику процессов уметь: объяснить основные закономерности электро- и химических процессов, протекающих в реакторе владеть: основными навыками в использовании теоретических знаний при решении задач в области электрохимических технологий
ПК-3	способность применять основные естественнонаучные законы при обсуждении полученных результатов	знать: теоретические основы процессов, лежащих в основе электрохимических технологий уметь: применять полученные знания при обсуждении электрохимического эксперимента владеть: основными навыками интерпретации электрохимических характеристик процесса
ПК-4	Владение системой фундаментальных химических понятий и методологических аспектов химии, формами и методами научного познания	знать: фундаментальные химические законы и методологические аспекты химии, формы и методы научного познания уметь: применять полученные знания при изучении электрохимических процессов владеть: основными навыками их использования в процессе обучения

12. Структура и содержание учебной дисциплины:

12.1 Объем дисциплины в зачетных единицах/часах в соответствии с учебным планом — 2/72.

12.2 Виды учебной работы:

Вид учебной работы	Трудоемкость (часы)			
	Всего	По семестрам		
		Сем. 5	
Аудиторные занятия	54	54		
в том числе:				
лекции	18	18		
практические	36	36		
лабораторные	-	-		
Самостоятельная работа	18	18		
Контроль	-	-		
Итого:	72	72		
Форма промежуточной аттестации				
Зачет		X		

12.3 Содержание разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
1	Обоснование применения термодинамики к необратимым процессам и неравновесным системам.	Введение. Обоснование применения термодинамического метода к неравновесным процессам и системам. Гипотеза локального равновесия, расширенная (локально-неравновесная) необратимая термодинамика. Поток энтропии и производство энтропии.

2	Методология термодинамики необратимых процессов.	Методология термодинамики необратимых процессов, основанной на гипотезе локального равновесия. Законы сохранения массы, энергии, уравнение баланса энтропии. Диссипативная функция. Термодинамические силы и потоки. Число степеней свободы системы в неравновесном состоянии.
3	Гомогенные системы. Химическое сродство. Сопряженные химические реакции	Производство энтропии в гомогенных системах и термодинамические потенциалы. Координата химической реакции. Химическое сродство. Сопряженные химические реакции, термодинамическое сопряжение и химическая индукция, линейные феноменологические соотношения для сопряженных реакций. Кинетическая трактовка химического сродства. Соотношение Марселина-Де-Донде.
4	Гетерогенные системы. Электрокинетические явления, мембранные процессы в изотермических и неизотермических системах, термомеханические явления, термоосмос.	Определение гетерогенных систем. Законы сохранения массы и энергии в гетерогенных системах. Неопределенность понятия «теплота» для открытых систем. Различные способы определения теплоты для открытых систем. Баланс энтропии для гетерогенных систем. Поток энтропии и производство энтропии. Диссипативная функция для гетерогенной системы. Термодинамические силы и потоки. Различные типы гетерогенных систем. Преобразование диссипативной функции для состояния близкого к равновесию. Электрокинетические явления. Диссипативная функция. Линейные феноменологические соотношения. Стационарное состояние. Соотношения взаимности Онсагера. Перекрестные эффекты. Гетерогенные системы с переносом электричества. Мембранный потенциал, обобщенные числа переноса Гетерогенные системы в неизотермических условиях. Термоосмос. Термомеханические явления.
5	Термодинамика стационарных состояний.	Общий подход к описанию стационарных состояний в термодинамике необратимых процессов. Теорема о минимуме производства энтропии в стационарном состоянии. Потенциал рассеяния. Обобщение ранее изученных перекрестных явлений в рамках единого формализма термодинамики необратимых процессов.
6	Непрерывные системы. Общий вид законов сохранения. Термодинамическое описание процессов в непрерывных системах.	Непрерывные системы. Общий вид законов сохранения. Дивергенция, градиент. Уравнение баланса энтропии в непрерывных системах. Термодинамические силы и потоки. Диффузия. Термоэлектрические явления. Эффекты Зеебека и Пельтье. Термодиффузия. Эффекты Соре и Дюфура. Разделение изотопов

13.2 Разделы дисциплины и виды занятий:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Виды занятий (часов)				
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1	Обоснование применения термодинамики к необратимым процессам и неравновесным системам.	2	4		2	6
2	Методология термодинамики необратимых процессов.	2	4		2	6
3	Гомогенные системы. Химическое сродство. Сопряженные химические реакции	3	6		4	14
4	Гетерогенные системы. Электрокинетические явления, мембранные процессы в	4	8		4	18

	изотермических и неизотермических системах, термомеханические явления, термоосмос.					
5	Термодинамика стационарных состояний.	4	8		4	18
6	Непрерывные системы. Общий вид законов сохранения. Термодинамическое описание процессов в непрерывных системах.	3	6		2	10
	Итого:	18	36		18	72

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины
Работа с конспектами лекций, выполнение практических заданий, заданий текущей аттестации.

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 для организации лекционных, лабораторных занятий и самостоятельной работы студентов.

15. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины:

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Пармон В.Н. Термодинамика неравновесных процессов для химиков. Приложения к химической кинетике, катализу, материаловедению и биологии / В.Н. Пармон - М.: Издательский дом «Интеллект», 2014. - 472 с.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
2	Пригожин И. Современная термодинамика. От тепловых двигателей до диссипативных структур/ И. Пригожин, Д. Кандепуди, - М.: Мир, 2002.- 451 с.
3	Бажин Н.М. Термодинамика для химиков / Н.М. Бажин, В.А.Иванченко, В.Н.Пармон. – М.: Химия, 2004.- 415 с.
4	Агеев Е.П. Неравновесная термодинамика в вопросах и ответах / Е.П. Агеев.-М.: УРСС, 2001.- 135 с.
5	Гленсдорф П. Термодинамическая теория структуры, устойчивости и флуктуаций/ П. Гленсдорф, И.Пригожин.-М.:Москва. УРСС, 2003.-273 с.
6	Эбелинг В. Образование структур при необратимых процессах. Введение в теорию диссипативных структур / В.Эбелинг. - М.:Москва - Ижевск, 1979. - 253 с.
7	Хаазе Р. Термодинамика необратимых процессов. / Р.Хаазе. - М.: Мир, 1967.- 534 с.
8	Анищенко В.С. Знакомство с нелинейной динамикой /В.С. Анищенко. - М. : Москва - Ижевск,2002.-142 с.
9	Трубецков Д.И. Введение в синергетику. Хаос и структуры / Д.И. Трубецков.- М.:УРСС,2004. – 232 с.
10	Николис Г. Познание сложного / Г.Николис, И. Пригожин.- М.:Мир,1990.-342 с.
11	Путь в синергетику/ П.Б. Безручко [и др.] - М.:УРСС, 2005.- 303 с.
12	Данилов Ю.А. Лекции по нелинейной динамике / Ю.А.Данилов - М.:Постмаркет,2001.-187с.
13	Справочник по электрохимии / под ред. А.М. Сухотина .— Л. : Химия : Ленингр. отд-ние, 1981 .— 486 с.
14	Сборник примеров и задач по электрохимии : учеб. пособие /сост.: А.В. Введенский [и др.] - Воронеж : ИПЦ ВГУ, 2010.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы:

№ п/п	Источник
15	Научная электронная библиотека — < http://www.elibrary.ru >
16	Электронная библиотека Воронежского государственного университета - < http://www.lib.vsu.ru >
17	Официальное электронное издание Химического факультета МГУ в Интернет -

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	Сборник примеров и задач по электрохимии : учеб. пособие /сост.: А.В. Введенский [и др.] - Воронеж : ИПЦ ВГУ, 2010.

17. Информационные технологии, используемые для реализации учебной дисциплины, включая программное обеспечение и информационно-справочные системы (при необходимости)

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:

Учебники, учебные пособия, задачки, мультимедиа техника.

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.	Обоснование применения термодинамики к необратимым процессам и неравновесным системам.	ПКВ-1	ПКВ-1.1 ПКВ-1.2	<i>Перечень вопросов</i>
2.	Методология термодинамики необратимых процессов.	ПКВ-1	ПКВ-1.1 ПКВ-1.2	<i>Перечень вопросов</i>
3.	Гомогенные системы. Химическое сродство. Сопряженные химические реакции	ПКВ-3	ПКВ-3.1 ПКВ-3.2	<i>Перечень вопросов</i>
4.	Гетерогенные системы. Электрокинетические явления, мембранные процессы в изотермических и неизотермических системах, термомеханические явления, термоосмос.	ПКВ-3	ПКВ-3.1 ПКВ-3.2	<i>Перечень вопросов</i>
5.	Термодинамика	ПКВ-1	ПКВ-1.1	<i>Перечень вопросов</i>

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
	стационарных состояний.		ПКВ-1.2	
6.	Непрерывные системы. Общий вид законов сохранения. Термодинамическое описание процессов в непрерывных системах.	ПКВ-3	ПКВ-3.1 ПКВ-3.2	<i>Перечень вопросов</i>
Промежуточная аттестация форма контроля - зачет				<i>Перечень вопросов</i>

Критерии оценки видов аттестации по итогам освоения дисциплины:

Оценка	Критерии оценок
Отлично	Всесторонние и глубокие знания по химической термодинамике. Их применение для решения задач по основным разделам курса. Безупречное выполнение в процессе изучения дисциплины всех лабораторных заданий, предусмотренных формами текущего контроля. Исчерпывающий ответ на вопросы билета.
Хорошо	Достаточно полное знание учебного материала, предусмотренного рабочей программой. Успешное выполнение лабораторных заданий. Наличие аргументированного и обоснованного ответа на вопросы билета. Допускаются незначительные ошибки и неточности, которые исправлены после замечания преподавателя.
Удовлетворительно	Знание основных положений рабочей программы. Затруднения при решении задач. Ответ неполный, без обоснований и объяснений. Ошибки устраняются по дополнительным вопросам преподавателя.
Неудовлетворительно	Отрывочные знания. Грубые, принципиальные ошибки при ответе на вопрос билета. Неумение решать простейшие задачи.