

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Ястребов Олег Александрович

Должность: Ректор

Дата подписания: 15.05.2026 13:50:11

Уникальный программный ключ:

ca953a0120d891083f939673078ef1a989aae18a

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

«Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы»

Факультет физико-математических и естественных наук

(наименование основного учебного подразделения (ОУП)-разработчика ОП ВО)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

СТАТИСТИЧЕСКАЯ ТЕРМОДИНАМИКА

(наименование дисциплины/модуля)

Рекомендована МССН для направления подготовки/специальности:

04.04.01 ХИМИЯ

(код и наименование направления подготовки/специальности)

Освоение дисциплины ведется в рамках реализации основной профессиональной образовательной программы высшего образования (ОП ВО):

СОВРЕМЕННАЯ ИНТЕГРАТИВНАЯ ХИМИЯ

(наименование (профиль/специализация) ОП ВО)

2026 г.

1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина «Статистическая термодинамика» входит в программу магистратуры «Современная интегративная химия» по направлению 04.04.01 «Химия» и изучается в 3 семестре 2 курса. Дисциплину реализует Кафедра физической и коллоидной химии. Дисциплина состоит из 11 разделов и 11 тем и направлена на изучение фундаментальных принципов и методов статистической термодинамики, позволяющих устанавливать связь между микроскопическим строением вещества и макроскопическими свойствами систем, а также на освоение аппарата статистических ансамблей для описания идеальных и реальных газов, жидкостей и твердых тел.

Целью освоения дисциплины является формирование у обучающихся фундаментальных знаний о связи между микроскопическим строением вещества и макроскопическими свойствами систем, а также освоение математического аппарата статистической термодинамики для количественного описания и предсказания поведения физико-химических систем в различных агрегатных состояниях

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Освоение дисциплины «Статистическая термодинамика» направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций (части компетенций):

Таблица 2.1. Перечень компетенций, формируемых у обучающихся при освоении дисциплины (результаты освоения дисциплины)

Шифр	Компетенция	Индикаторы достижения компетенции (в рамках данной дисциплины)
ПК-1	Способен планировать работу и выбирать адекватные методы решения научно-исследовательских задач в выбранной области химии, химической технологии или смежных с химией науках	ПК-1.2 Выбирает экспериментальные и расчетно-теоретические методы решения поставленной задачи исходя из имеющихся материальных и временных ресурсов;
ПК-2	Способен на основе критического анализа результатов НИР и НИОКР оценивать перспективы их практического применения и продолжения работ в выбранной области химии, химической технологии или смежных с химией науках	ПК-2.1 Систематизирует информацию, полученную в ходе НИР и НИОКР, анализирует ее и сопоставляет с литературными данными.; ПК-2.2 Определяет возможные направления развития работ и перспективы практического применения полученных результатов;

3. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО

Дисциплина «Статистическая термодинамика» относится к блоку по выбору блока образовательной программы высшего образования.

В рамках образовательной программы высшего образования обучающиеся также осваивают другие дисциплины и/или практики, способствующие достижению запланированных результатов освоения дисциплины «Статистическая термодинамика».

Таблица 3.1. Перечень компонентов ОП ВО, способствующих достижению запланированных результатов освоения дисциплины

Шифр	Наименование компетенции	Предшествующие дисциплины/модули, практики*	Последующие дисциплины/модули, практики*
ПК-1	Способен планировать работу и выбирать адекватные методы решения научно-исследовательских задач в выбранной области химии, химической технологии или смежных с химией науках	Научный семинар; Выполнение магистерской диссертации; Организация и планирование научных исследований; Теория и проблемы физической химии; Анализ данных в химии; Химия наноструктурированных систем; Избранные главы неорганической химии; Избранные главы аналитической химии; Современные проблемы органической химии; Современные проблемы неорганической химии; Продвинутая аналитическая химия; Избранные главы органической химии;	Научно -исследовательская работа; Преддипломная практика;
ПК-2	Способен на основе критического анализа результатов НИР и НИОКР оценивать перспективы их практического применения и продолжения работ в выбранной области химии, химической технологии или смежных с химией науках	Организация и планирование научных исследований; Научный семинар; Выполнение магистерской диссертации;	Научно -исследовательская работа; Преддипломная практика;

* - заполняется в соответствии с матрицей компетенций и СУП ОП ВО

** - элективные дисциплины /практики

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Статистическая термодинамика» составляет «3» зачетные единицы.

Таблица 4.1. Виды учебной работы по периодам освоения образовательной программы высшего образования для очной формы обучения.

Вид учебной работы	ВСЕГО, ак.ч.		Семестр(-ы)
			3
<i>Контактная работа, ак.ч.</i>	36		36
Лекции (ЛК)	36		36
Лабораторные работы (ЛР)	0		0
Практические/семинарские занятия (СЗ)	0		0
<i>Самостоятельная работа обучающихся, ак.ч.</i>	72		72
<i>Контроль (экзамен/зачет с оценкой), ак.ч.</i>	0		0
Общая трудоемкость дисциплины	ак.ч.	108	108
	зач.ед.	3	3

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 5.1. Содержание дисциплины (модуля) по видам учебной работы

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы*
Раздел 1	Основы классической и квантовой статистики	1.1	Основы классической и квантовой статистики	Задача статистической термодинамики. Фазовое пространство, статистические ансамбли и функция распределения. Уравнение Лиувилля. Микроканоническое распределение (МКР) для изолированных систем. Матрица плотности. Квантовый постулат о равновероятности. Вывод формулы Больцмана. Третий закон термодинамики. Квазиклассическое приближение и объем фазовой ячейки.	ЛК
Раздел 2	Канонический ансамбль и термодинамические потенциалы	2.1	Канонический ансамбль и термодинамические потенциалы	Система в контакте с термостатом при постоянной температуре. Вывод канонического распределения Гиббса через применение постулатов микроканонического распределения к объединенной системе. Сумма по состояниям как нормировочный множитель. Свойства суммы по состояниям: безразмерность, зависимость от отсчета энергии и свойство факторизации. Фундаментальная связь суммы по состояниям со свободной энергией Гельмгольца. Химическое приложение: теоретический расчет констант химического равновесия через статсуммы реагентов и продуктов.	ЛК
Раздел 3	Идеальный газ: поступательная статсумма	3.1	Идеальный газ: поступательная статсумма	Средняя энергия системы и соотношение Гиббса-Гельмгольца. Системы невзаимодействующих подсистем и аддитивность свободной энергии. Гамильтониан системы. Идеальный больцмановский газ. Учет неразличимости частиц через фактор Гиббса. Микросостояние идеального газа и числа заполнения. Квантование импульса в потенциальном ящике и наложение периодических граничных условий. Расчет поступательной статсуммы через переход от суммирования к интегрированию. Вывод уравнения Сакура-Тетрода для абсолютного значения энтропии идеального газа	ЛК
Раздел 4	Внутренние степени свободы и теплоемкость	4.1	Внутренние степени свободы и теплоемкость	Факторизация молекулярной статсуммы в приближении Борна-Оппенгеймера. Вспомогательная функция для единого вывода всех термодинамических функций. Анализ степеней свободы: поступательный, вращательный, колебательный и электронный вклады. Модель жесткого ротатора и расчет вращательного кванта. Модель гармонического осциллятора и функции	ЛК

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы*
				Эйнштейна. Иерархия энергетических квантов и последовательное размораживание степеней свободы. Ступенчатый характер теплоемкости двухатомных газов. Атомные термы, правила Хунда и вырождение уровней. Связь термодинамики с молекулярной спектроскопией	
Раздел 5	Квантовые статистики	5.1	Квантовые статистики	Большой канонический ансамбль для описания открытых систем с переменным числом частиц. Химический потенциал и Большая статистическая сумма. Связь с Большим термодинамическим потенциалом. Формализм чисел заполнения. Принцип неразличимости частиц и симметрия многочастичной волновой функции. Обобщенный принцип Паули для фермионов и симметрия бозонов. Вывод распределений Ферми-Дирака и Бозе-Эйнштейна. Классический предел Больцмана. Электронный газ в металлах и энергия Ферми	ЛК
Раздел 6	Неидеальные газы и вириальное разложение	6.1	Неидеальные газы и вириальное разложение	Ограничения модели идеального газа и роль межмолекулярных сил. Разделение классической статистической суммы на импульсную и конфигурационную части. Конфигурационный интеграл как мера неидеальности. Потенциал парного взаимодействия. Приближение разреженного газа и разложение по функциям Майера. Групповой интеграл. Вириальное уравнение состояния и его связь с межмолекулярным потенциалом	ЛК
Раздел 7	Спиновые изомеры и специфика водорода	7.1	Спиновые изомеры и специфика водорода	Влияние ядерного спина на допустимые вращательные состояния гомоядерных молекул. Обобщенный принцип Паули для протонов. Ядерно-спиновые состояния: орто- и парамодификации водорода. Связь симметрии ядерно-спиновой и вращательной функций. Аномалия вращательной теплоемкости водорода при низких температурах. Метастабильная смесь и каталитическая конверсия. Особенности орто- и пара-дейтерия	ЛК
Раздел 8	Статистическая теория химического равновесия	8.1	Статистическая теория химического равновесия	Представление химического потенциала через химическую постоянную. Статистический вывод закона действующих масс. Константа равновесия через молекулярные суммы по состояниям. Теория ионизации одноатомного газа и формула Саха. Диссоциация двухатомных молекул. Роль энтропийного фактора в реакциях с увеличением числа частиц	ЛК

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы*
Раздел 9	Статистическая механика жидкостей	9.1	Статистическая механика жидкостей	Проблема описания жидкого состояния: отсутствие дальнего порядка при сильном взаимодействии. Конфигурационный интеграл для жидкостей. Модели парных потенциалов: жесткие сферы, потенциал Леннард-Джонса. Статистический вывод уравнения Ван-дер-Ваальса. Метод молекулярных функций распределения. Радиальная функция распределения как индикатор ближнего порядка и координационных сфер. Расчет давления и внутренней энергии через радиальную функцию. Методы компьютерного моделирования: Монте-Карло и Молекулярная динамика	ЛК
Раздел 10	Теплоемкость твердых тел	10.1	Теплоемкость твердых тел	Колебания кристаллической решетки и малые смещения атомов. Провал классического закона Дюлонга и Пти. Модель Эйнштейна: независимые квантовые осцилляторы и характеристическая температура. Модель Дебая: коллективные колебания решетки и концепция фононов как квазичастиц. Плотность состояний для упругих волн. Характеристическая температура Дебая как мера жесткости решетки. Закон Дебая для низкотемпературной теплоемкости	ЛК
Раздел 11	Концептуальный синтез и информация	11.1	Концептуальный синтез и информация	Универсальный алгоритм статистической физики: от Гамильтониана к макроскопическим свойствам. Эквивалентность статистических ансамблей в термодинамическом пределе. Природа флуктуаций энергии и числа частиц. Связь термодинамической энтропии Гиббса с информационной энтропией Шеннона. Разрешение парадокса Демона Максвелла. Принцип Ландауэра и термодинамическая цена обработки информации. Современные горизонты: вычислительная физика, дизайн лекарств и проблема сворачивания белков	ЛК

* - заполняется только по **ОЧНОЙ** форме обучения: ЛК – лекции; ЛР – лабораторные работы; СЗ – практические/семинарские занятия.

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 6.1. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Тип аудитории	Оснащение аудитории	Специализированное учебное/лабораторное оборудование, ПО и материалы для освоения дисциплины (при необходимости)
Лекционная	Аудитория для проведения занятий лекционного типа, оснащенная комплектом специализированной мебели; доской (экраном) и техническими средствами мультимедиа презентаций.	
Для самостоятельной работы	Аудитория для самостоятельной работы обучающихся (может использоваться для проведения семинарских занятий и консультаций), оснащенная комплектом специализированной мебели и компьютерами с доступом в ЭИОС.	

* - аудитория для самостоятельной работы обучающихся указывается **ОБЯЗАТЕЛЬНО!**

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература:

1. Статистическая термодинамика в физической химии. Учебное пособие для вузов / В.Д. Ягодовский. - 2-е изд., испр. и доп. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2005. - с.: ил. - ISBN 5-94774-084-2: 175.01.

2. Смирнова Н.А. Методы статистической термодинамики в физической химии. Н. А. Смирнова. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Высшая школа, 1982. - 456 с

Дополнительная литература:

1. Вопросы и задачи по курсу "Статистическая термодинамика": Учебно-методическое пособие / В.Д. Ягодовский. - М.: Изд-во РУДН, 2016

Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:

1. ЭБС РУДН и сторонние ЭБС, к которым студенты университета имеют доступ на основании заключенных договоров

- Электронно-библиотечная система РУДН – ЭБС РУДН

<https://mega.rudn.ru/MegaPro/Web>

- ЭБС «Университетская библиотека онлайн» <http://www.biblioclub.ru>

- ЭБС Юрайт <http://www.biblio-online.ru>

- ЭБС «Консультант студента» www.studentlibrary.ru

- ЭБС «Знаниум» <https://znanium.ru/>

2. Базы данных и поисковые системы

- Sage <https://journals.sagepub.com/>

- Springer Nature Link <https://link.springer.com/>

- Wiley Journal Database <https://onlinelibrary.wiley.com/>

- Научометрическая база данных Lens.org <https://www.lens.org>

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся при освоении дисциплины/модуля:*

1. Курс лекций по дисциплине «Статистическая термодинамика».

* - все учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся размещаются в соответствии с действующим порядком на странице дисциплины **в ТУИС!**

РАЗРАБОТЧИК:

Доцент

Должность, БУП

Подпись

Братчикова Ирина

Геннадьевна

Фамилия И.О.

РУКОВОДИТЕЛЬ БУП:

Заведующий кафедрой

Должность БУП

Подпись

Чередниченко Александр

Генрихович

Фамилия И.О.

РУКОВОДИТЕЛЬ ОП ВО:

Заведующий кафедрой

Должность, БУП

Подпись

Воскресенский Леонид

Геннадьевич

Фамилия И.О.