

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Химический факультет

УТВЕРЖДЕНО:  
И.о. декана  
А. С. Князев

Рабочая программа дисциплины

**Квантовая химия**

по направлению подготовки

**04.03.01 Химия**

Направленность (профиль) подготовки:  
**Химия**

Форма обучения  
**Очная**

Квалификация  
**Бакалавр**

Год приема  
**2024**

СОГЛАСОВАНО:  
Руководитель ОП  
В.В. Шелковников

Председатель УМК  
В.В. Шелковников

Томск – 2024

## **1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины**

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ОПК-3 Способен применять расчетно-теоретические методы для изучения свойств веществ и процессов с их участием с использованием современной вычислительной техники.

ОПК-4 Способен планировать работы химической направленности, обрабатывать и интерпретировать полученные результаты с использованием теоретических знаний и практических навыков решения математических и физических задач.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИОПК 3.1 Применяет теоретические и полуэмпирические модели при решении задач химической направленности.

ИОПК 3.2 Использует стандартное программное обеспечение при решении задач химической направленности.

ИОПК 4.1 Использует базовые знания в области математики и физики при планировании работ химической направленности.

ИОПК 4.2 Обрабатывает данные с использованием стандартных способов аппроксимации численных характеристик.

ИОПК 4.3 Интерпретирует результаты химических наблюдений с использованием физических законов и представлений.

## **2. Задачи освоения дисциплины**

– Освоить основы квантовой механики и квантовой химии;

– Получить представление об основах строения вещества, методах его экспериментального и теоретического изучения, взаимосвязи строения и свойств химических веществ;

– Научиться применять теоретические знания для решения конкретных задач в квантовой механике и квантовой химии; научиться применять полученные знания для анализа и прогноза свойств различных материалов и систем.

## **3. Место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина относится к Блоку 1 «Дисциплины (модули)».

Дисциплина относится к части образовательной программы, формируемой участниками образовательных отношений, является обязательной для изучения.

## **4. Семестр(ы) освоения и форма(ы) промежуточной аттестации по дисциплине**

Четвертый семестр, экзамен

## **5. Входные требования для освоения дисциплины**

Для успешного освоения дисциплины требуются результаты обучения по следующим дисциплинам: Математический анализ, Физика, Линейная алгебра и аналитическая геометрия.

## **6. Язык реализации**

Русский

## **7. Объем дисциплины**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 з.е., 180 часов, из которых:

-лекции: 48 ч.

-практические занятия: 32 ч.

в том числе практическая подготовка: 32 ч.  
Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

## **8. Содержание дисциплины, структурированное по темам**

Тема 1. Основные постулаты квантовой механики.

Предмет квантовой механики и квантовой химии, становление квантовой механики (эксперименты по спектрам газов и звезд, открытие корпускулярных свойств света, теория и постулаты Бора), волна де Бройля и ее свойства, вероятность местонахождения микрочастиц, принцип суперпозиции, принцип неопределенности, уравнение Шредингера.

Тема 2. Математический аппарат квантовой механики

Оператор, собственные функции. спектры операторов, свойства квантово-механических операторов, операторы координат, оператор импульса, оператор энергии, момент импульса, коммутаторы операторов, примеры коммутаторов, коммутационные соотношения, математические ожидания. средние значения, законы сохранения и стационарные состояния, представление волновой функции и операторов векторами и матрицами.

Тема 3. Одномерные задачи квантовой механики

Движение свободной частицы, электрон в потенциальной яме, двумерная бесконечная глубокая потенциальная яма, частица и одномерный потенциальный барьер, гармонический осциллятор.

Тема 4. Движение в поле центральной силы

Водородоподобный атом, квантовые числа, преобразование комплексных орбиталей в вещественные, графическое изображение орбиталей (радиальные функции, сферическая часть атомных орбиталей).

Тема 5. Электронное веретено

Данная тема включает такие вопросы как: опыт Штерна-Герлаха, волновая функция электрона с учетом спина, операторы спина, магнитные моменты

Тема 6. Ситуация со множеством электронов

Принцип тождественности микрочастиц, детерминант Слэтера, вариационные метод, вариационный метод Ритца, метод самосогласованного поля Хартри-Фока (метод Хартри, метод Хартри-Фока), классификация атомных состояний многоэлектронных атомов, электронные термы и конфигурации, гибридизация (гибридные атомные орбитали, типы гибридизации), периодический закон и квантовая механика (построение электронных оболочек элементов, периодичность состояний и других свойств).

Тема 7. Теория возмущений

Стационарная теория возмущений: случай отсутствия вырождения, Случай вырождения, эффект Штарка, эффект Зеемана.

Тема 8. Состояния молекул и уравнение Шредингера

Молекулярная структура, электронные, колебательные и вращательные состояния молекул, приближение Борна-Оппенгеймера, эффект Яна-Теллера, ион молекулы водорода с позиций квантовой механики, интегралы S и H.

Тема 9. Иерархия методов квантовой химии

Метод *ab initio*, вид аналитических базисных функций, базисные наборы, полуэмпирические методы,  $\pi$ -электронное приближение, метод Хюккеля, заряды на атомах, порядок связи, свободная валентность, расчет химических систем в  $\pi$  приближении Хюккеля, этилен, аллильный радикал.

## **9. Текущий контроль по дисциплине**

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости, проведения контрольных работ, выполнения домашних заданий и фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр.

Оценочные материалы текущего контроля размещены на сайте ТГУ в разделе «Информация об образовательной программе» - <https://www.tsu.ru/sveden/education/eduop/>.

## **10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации**

Экзамен в четвертом семестре проводится в письменной форме по билетам. Экзаменационный билет состоит из двух вопросов. Продолжительность экзамена 1,5 часа.

Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации размещены на сайте ТГУ в разделе «Информация об образовательной программе» - <https://www.tsu.ru/sveden/education/eduop/>.

## **11. Учебно-методическое обеспечение**

а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронной образовательной среде iDO - <https://lms.tsu.ru/enrol/index.php?id=31202>

б) Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.

в) План практических занятий по дисциплине.

## **12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет**

а) основная литература:

– Степанов Н. Ф. Квантовая механика и квантовая химия. В 2 ч. Часть 1: учебник и практикум для академического бакалавриата / Н. Ф. Степанов. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Изд-во Юрайт, 2016. – 233 с.

– Степанов Н. Ф. Квантовая механика и квантовая химия. В 2 ч. Часть 2 : учебник и практикум для академического бакалавриата / Н. Ф. Степанов. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : Изд-во Юрайт, 2016. – 283 с.

– Ефремов Ю. С. Квантовая механика : учебное пособие для вузов / Ефремов Ю. С. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : Изд-во Юрайт, 2018. – 458 с. - Университеты России.

– Игнатов С. К. Квантовая химия. Ч. 1. Квантовая механика и строение атома : Курс лекций для студентов 2 курса дневного отделения химического факультета / С. К. Игнатов. – Нижний Новгород : Изд-во Нижегородского государственного университета им. Н. И. Лобачевского, 2013. – 115 с. URL: <http://www.unn.ru/chem/ignatov/IgnatovSK-KvantovayaKhimiya-1.pdf>

– Ермаков А. И. Квантовая механика и квантовая химия. В 2 ч. Часть 1 : учебник и практикум для академического бакалавриата / А. И. Ермаков. – М. : Изд-во Юрайт, 2018. – 183 с.

– Ермаков А. И. Квантовая механика и квантовая химия. В 2 ч. Часть 2 : учебник и практикум для академического бакалавриата / А. И. Ермаков. – М. : Изд-во Юрайт, 2018. – 402 с.

– Блохинцев Д. И. Основы квантовой механики. Учебное пособие. / Д. И. Блохинцев – Изд. Наука. Изд. Шестое. 1983. – 664 с.

– Унгер Ф. Г. Квантовая механика и квантовая химия, или введение в спиновую химию: Курс лекций / Ф. Г. Унгер. – Томск, ТГУ: ТМЛ-Пресс, 2010. – 312 с.

б) дополнительная литература:

– Строение атомных частиц. Водородоподобные атомы : [учебное пособие] / А. Я. Борщевский. – М. : Изд-во МГУ, 2010. – 86 с. URL : <http://www.chem.msu.ru/rus/teaching/borschevskii/1part.pdf>

– Барановский В. И. Квантовая механика и квантовая химия : учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / В. И. Барановский. – М. : Издательский центр «Академия», 2008. – 384 с. – Блатов В. А., Шевченко А. П., Пересыпкина Е. В. Полуэмпирические расчётные

методы квантовой химии: Учебное пособие. Изд. 2-е. – Самара: Изд-во "Универс-групп", 2005. – 32 с. URL: <http://window.edu.ru/resource/556/63556>

– Кондрашин В.Ю. Квантовая механика и квантовая химия. Экспериментальные основы квантовой механики: Учебно-методическое пособие. - Воронеж: Изд-во ВГУ, 2005. – 51 с. URL: <http://window.edu.ru/resource/952/26952>

### **13. Перечень информационных технологий**

а) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

– Microsoft Office Standart 2013 Russian: пакет программ. Включает приложения: MS Office Word, MS Office Excel, MS Office PowerPoint, MS Office OneNote, MS Office Publisher, MS Outlook, MS Office Web Apps (Word Excel MS PowerPoint Outlook);  
– публично доступные облачные технологии (Google Docs, Яндекс диск и т.п.).

б) информационные справочные системы:

– Электронный каталог Научной библиотеки ТГУ – <http://chamo.lib.tsu.ru/search/query?locale=ru&theme=system>

– Электронная библиотека (репозиторий) ТГУ – <http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Index>

– ЭБС Лань – <http://e.lanbook.com/>

– ЭБС Консультант студента – <http://www.studentlibrary.ru/>

– Образовательная платформа Юрайт – <https://urait.ru/>

– ЭБС ZNANIUM.com – <https://znanium.com/>

– ЭБС IPRbooks – <http://www.iprbookshop.ru/>

### **14. Материально-техническое обеспечение**

Аудитории для проведения занятий лекционного типа.

Аудитории для проведения занятий семинарского типа, индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой и доступом к сети Интернет, в электронную информационно-образовательную среду и к информационным справочным системам.

Аудитории для проведения занятий лекционного и семинарского типа индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации в смешанном формате («Актру»).

### **15. Информация о разработчиках**

Меньщикова Татьяна Викторовна, канд. физ.-мат. наук, кафедра физической и коллоидной химии Национального исследовательского Томского государственного университета, доцент.