

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"  
Химический институт им. А.М. Бутлерова



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной деятельности КФУ

Проф. Д.А. Таюрский

» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

*подписано электронно-цифровой подписью*

## Программа дисциплины

Основы квантовой химии

Направление подготовки: 04.04.01 - Химия

Профиль подготовки: Методы аналитической химии

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2016

## Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО
2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО
3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся
4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий
  - 4.1. Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)
  - 4.2. Содержание дисциплины (модуля)
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)
6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)
7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)
11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)
12. Средства адаптации преподавания дисциплины (модуля) к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья
13. Приложение №1. Фонд оценочных средств
14. Приложение №2. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
15. Приложение №3. Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Программу дисциплины разработал(а)(и) старший научный сотрудник, к.н. Маджидов Т.И. (НИЛ Хемоинформатика и молекулярное моделирование, Химический институт им. А.М. Бутлерова), Timur.Madzhidov@kpfu.ru

### 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль), должен обладать следующими компетенциями:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОК-1	способностью к абстрактному мышлению, анализу, синтезу
ОК-3	готовностью к саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

- основные современные методы квантовой химии (неэмпирические и полуэмпирические методы, теорию функционала плотности),
- иметь представления о приближениях и допущениях, использованных при разработке этих методов,
- иметь представления об ограничениях и возможностях разных методов для моделирования электронной структуры и химических реакций

Должен уметь:

- определять необходимую информацию для расчета электронной структуры молекул и анализировать данные расчетов;
- ориентироваться в обширной литературе, использующей данные квантово-химических расчетов

Должен владеть:

навыками:

- квантово-химических расчетов физико-химических характеристик веществ;
- квантово-химического моделирования химических реакций

Должен демонстрировать способность и готовность:

применять полученные знания на практике для решения теоретических и прикладных задач

### 2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.В.ОД.2 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 04.04.01 "Химия (Методы аналитической химии)" и относится к обязательным дисциплинам.

Осваивается на 1 курсе в 2 семестре.

### 3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных(ые) единиц(ы) на 72 часа(ов).

Контактная работа - 42 часа(ов), в том числе лекции - 20 часа(ов), практические занятия - 22 часа(ов), лабораторные работы - 0 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 30 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 0 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: зачет во 2 семестре.

### 4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

#### 4.1 Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)

N	Разделы дисциплины / модуля	Семестр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)			Самостоятельная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
N	Разделы дисциплины / модуля	Семестр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)			Самостоятельная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Тема 1. Квантовая химия. Оптимизация геометрии	2	2	2	0	
2.	Тема 2. Тема 2. Квантовая механика	2	4	2	0	2
3.	Тема 3. Тема 3. Приближения квантовой химии. Метод Хартри.	2	2	0	0	2
4.	Тема 4. Тема 4. Метод Хартри-Фока	2	2	4	0	4
5.	Тема 5. Тема 5. Базисные наборы и псевдопотенциалы.	2	4	4	0	6
6.	Тема 6. Тема 6. Электронные характеристики	2	2	4	0	2
7.	Тема 7. Тема 7. Полуэмпирические методы квантовой химии	2	2	2	0	2
8.	Тема 8. Тема 8. Методы учета электронной корреляции. Методы теории функционала плотности.	2	2	2	0	4
<b>4.2 Содержание дисциплины (модуля)</b>						
<b>Тема 1. Тема 1. Квантовая химия. Оптимизация геометрии</b>						
9.	Тема 9. Тема 9. Выполнение и защита практической работы.	2	2	2	0	8
Теоретическая химия. Применение квантовой химии. Поверхность потенциальной энергии. Оптимизация геометрии: оптимизация нулевого порядка, оптимизация первого порядка (метод скорейшего спуска, метод сопряженных градиентов), оптимизация второго порядка (метод Ньютона-Рафсона, квазиньютоновские методы, метод GDIIIS), критерии сходимости.						

Тема практического занятия - оптимизация геометрии молекулы.

#### Тема 2. Тема 2. Квантовая механика

Постулаты квантовой механики. Уравнение Шредингера для атомов и молекул. Линейные операторы. Существование волновой функции, измеряемые величины, средние значения физических величин. Принцип суперпозиции состояний. Решение задачи о состояниях одноэлектронного атома. Угловая и радиальная задачи: сферические и радиальные функции; орбитали s-, p-, d- типа; радиальные функции распределения электронной плотности. Принцип антисимметричности.

Семинарское занятие, дискуссия на тему: оптимизация геометрии и ее роль в квантовой химии.

#### Тема 3. Тема 3. Приближения квантовой химии. Метод Хартри.

Построение приближенных решений электронного уравнения. Приближение Борна-Оппенгеймера. Орбитальное приближение: приближение Хартри.

#### Тема 4. Тема 4. Метод Хартри-Фока

Детерминант Слэитера. Метод Хартри-Фока: общая идея, метод Хартри-Фока для систем с закрытыми и открытыми оболочками. Решение уравнений Хартри-Фока: численное решение, подход МО-ЛКАО, процедура самосогласования поля (SCF).

Тема практического занятия - использование метода Хартри-Фока.

#### Тема 5. Тема 5. Базисные наборы и псевдопотенциалы.

Понятие базисного набора. Слэитеровский тип орбиталей (STO). Гауссов тип орбиталей (GTO): STO-nG, поппловские базисы, даннингские базисы. Хартри-фоковский предел. Эффективные потенциалы ядер (псевдопотенциалы). Hay-Wadt. Суперпозиционная ошибка базисного набора.

Тема практического занятия - выбор базисного набора для расчетов.

#### Тема 6. Тема 6. Электронные характеристики

Электронные характеристики: электронная плотность, электронная заселенность, матрица плотности, электростатический потенциал. Малликеновский анализ заселенностей: заселенность атома по Малликену, заселенность связи по Малликену, недостатки метода Малликена. Другие методы расчета заряда. Анализ заселенности на основании электростатического потенциала.

Тема первой практической работы - анализ зарядового и электронного распределения, тема второй работы - использование теории атомов в молекуле.

#### **Тема 7. Тема 7. Полуэмпирические методы квантовой химии**

Теория полуэмпирических методов. Интеграл перекрывания. Двухэлектронные интегралы - виды приближений. Приближения, используемые в полуэмпирических методах. Пренебрежение двухатомным дифференциальным перекрыванием: методы MNDO, AM1, PM3. Ограничения, общие для MNDO, AM1, PM3.

Тема практической работы - предсказание структуры и различных энергетических характеристик сложных структур с использованием полуэмпирических методов.

#### **Тема 8. Тема 8. Методы учета электронной корреляции. Методы теории функционала плотности.**

Методы учета электронной корреляции: обменная корреляция, кулоновская корреляция. Методы теории функционала плотности. Основная идея DFT. Теорема существования Хоэнберга-Кона. "Локальные" функционалы (LDA). "Нелокальные" функционалы (NL). Гибридные функционалы. Эффективность методов DFT.

Тема практической работы - расчет энергии и параметров структуры молекул с использованием пост-хартрифовских методов в программе Gaussian, сравнение результатов с данными метода Хартри-Фока и экспериментом.

#### **Тема 9. Тема 9. Выполнение и защита практической работы.**

Выполнение и защита практической работы (творческое задание).

Выбор адекватного расчетного приближения. Расчеты магнитно-резонансных параметров. Расчеты электрических характеристик - дипольных моментов и молекулярных поляризуемостей разных порядков.

### **5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)**

Самостоятельная работа обучающихся выполняется по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Самостоятельная работа подразделяется на самостоятельную работу на аудиторных занятиях и на внеаудиторную самостоятельную работу. Самостоятельная работа обучающихся включает как полностью самостоятельное освоение отдельных тем (разделов) дисциплины, так и проработку тем (разделов), осваиваемых во время аудиторной работы. Во время самостоятельной работы обучающиеся читают и конспектируют учебную, научную и справочную литературу, выполняют задания, направленные на закрепление знаний и отработку умений и навыков, готовятся к текущему и промежуточному контролю по дисциплине.

Организация самостоятельной работы обучающихся регламентируется нормативными документами, учебно-методической литературой и электронными образовательными ресурсами, включая:

Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (утвержден приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 5 апреля 2017 года №301)

Письмо Министерства образования Российской Федерации №14-55-996ин/15 от 27 ноября 2002 г. "Об активизации самостоятельной работы студентов высших учебных заведений"

Устав федерального государственного автономного образовательного учреждения "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Правила внутреннего распорядка федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Локальные нормативные акты Казанского (Приволжского) федерального университета

### **6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)**

Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю) включает оценочные материалы, направленные на проверку освоения компетенций, в том числе знаний, умений и навыков. Фонд оценочных средств включает оценочные средства текущего контроля и оценочные средства промежуточной аттестации.

В фонде оценочных средств содержится следующая информация:

- соответствие компетенций планируемому результату обучения по дисциплине (модулю);
- критерии оценивания сформированности компетенций;
- механизм формирования оценки по дисциплине (модулю);
- описание порядка применения и процедуры оценивания для каждого оценочного средства;
- критерии оценивания для каждого оценочного средства;
- содержание оценочных средств, включая требования, предъявляемые к действиям обучающихся, демонстрируемым результатам, задания различных типов.

Фонд оценочных средств по дисциплине находится в Приложении 1 к программе дисциплины (модулю).

## 7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Освоение дисциплины (модуля) предполагает изучение основной и дополнительной учебной литературы. Литература может быть доступна обучающимся в одном из двух вариантов (либо в обоих из них):

- в электронном виде - через электронные библиотечные системы на основании заключенных КФУ договоров с правообладателями;

- в печатном виде - в Научной библиотеке им. Н.И. Лобачевского. Обучающиеся получают учебную литературу на абонементе по читательским билетам в соответствии с правилами пользования Научной библиотекой.

Электронные издания доступны дистанционно из любой точки при введении обучающимся своего логина и пароля от личного кабинета в системе "Электронный университет". При использовании печатных изданий библиотечный фонд должен быть укомплектован ими из расчета не менее 0,5 экземпляра (для обучающихся по ФГОС 3++ - не менее 0,25 экземпляра) каждого из изданий основной литературы и не менее 0,25 экземпляра дополнительной литературы на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих данную дисциплину.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля), находится в Приложении 2 к рабочей программе дисциплины. Он подлежит обновлению при изменении условий договоров КФУ с правообладателями электронных изданий и при изменении комплектования фондов Научной библиотеки КФУ.

## 8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

База данных NIST Chemistry WebBook - <http://webbook.nist.gov/chemistry>

База данных Spectral Database for Organic Compounds (SDBS) - <http://riodb01.ibase.aist.go.jp/sdbs>

База данных химических сдвигов NmrShiftDB2 - <http://nmrshiftdb.nmr.uni-koeln.de>

Программа Firefly - <http://classic.chem.msu.su/gran/firefly/index.html>

Программа Gaussian - <http://www.gaussian.com/index.htm>

Электронный образовательный ресурс Хемоинформатика и молекулярное моделирование - <http://zilant.kfu-elearning.ru/course/view?id=376>

## 9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Методические рекомендации по самостоятельной работе

Рабочей программой дисциплины 'Основы квантовой химии' предусмотрена самостоятельная работа студентов в объеме 30 часов. Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- чтение студентами рекомендованной литературы и усвоение теоретического материала дисциплины;
- подготовку к практическим занятиям, устным опросам и контрольной работе;
- работу с Интернет-источниками;

- подготовку к сдаче практических работ, защите практической работы, сдаче экзамена, выполнение домашнего задания.

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение настоящей дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь семестр, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в рабочей программе дисциплины 'Основы квантовой химии'. По каждой из тем для самостоятельного изучения, приведенных в рабочей программе дисциплины, следует сначала прочитать рекомендованную литературу и при необходимости составить краткий конспект основных положений, терминов, сведений, требующих запоминания и являющихся основополагающими в этой теме и для освоения последующих разделов курса.

Работа с конспектом лекций

Просмотрите конспект сразу после занятий, отметьте материал конспекта лекций, который вызывает затруднения для понимания. Попытайтесь найти ответы на затруднительные вопросы, используя рекомендуемую литературу. Если самостоятельно не удалось разобраться в материале, сформулируйте вопросы и обратитесь за помощью к преподавателю на консультации или ближайшей лекции.

Регулярно отводите время для повторения пройденного материала, проверяя свои знания, умения и навыки по контрольным вопросам.

Материалы для самостоятельной работы студентов

## Тема 1. Квантовая химия. Оптимизация геометрии

Вопросы для изучения:

1. Теоретическая химия. Применение квантовой химии.
2. Поверхность потенциальной энергии.
3. Оптимизация геометрии: оптимизация нулевого порядка, оптимизация первого порядка (метод скорейшего спуска, метод сопряженных градиентов), оптимизация второго порядка (метод Ньютона-Рафсона, квазиньютоновские методы, метод GDIIIS), критерии сходимости.

## Тема 2. Квантовая механика

Вопросы для изучения:

1. Постулаты квантовой механики.
2. Уравнение Шредингера для атомов и молекул.
3. Линейные операторы.
4. Существование волновой функции, измеряемые величины, средние значения физических величин.
5. Принцип суперпозиции состояний.
6. Решение задачи о состояниях одноэлектронного атома. Угловая и радиальная задачи: сферические и радиальные функции; орбитали s-, p-, d- типа; радиальные функции распределения электронной плотности.
7. Принцип антисимметричности.

## Тема 3. Приближения квантовой химии. Метод Хартри.

Вопросы для изучения:

1. Построение приближенных решений электронного уравнения.
2. Приближение Борна-Оппенгеймера.
3. Орбитальное приближение: приближение Хартри.

## Тема 4. Метод Хартри-Фока

Вопросы для изучения:

1. Детерминант Слэтера
2. Метод Хартри-Фока: общая идея, метод Хартри-Фока для систем с закрытыми и открытыми оболочками
3. Решение уравнений Хартри-Фока: численное решение, подход МО-ЛКАО, процедура самосогласования поля (SCF).

## Тема 5. Базисные наборы и псевдопотенциалы.

Вопросы для изучения:

1. Понятие базисного набора.
2. Слэтеровский тип орбиталей (STO).
3. Гауссов тип орбиталей (GTO): STO-nG, поповские базисы, даннинговские базисы.
4. Хартри-фоковский предел.
5. Эффективные потенциалы ядер (псевдопотенциалы). Hay-Wadt.
6. Суперпозиционная ошибка базисного набора.

## Тема 6. Электронные характеристики

Вопросы для изучения:

1. Электронные характеристики: электронная плотность, электронная заселенность, матрица плотности, электростатический потенциал.

2. Маллиkenовский анализ заселенностей: заселенность атома по Малликену, заселенность связи по Малликену, недостатки метода Малликена.
3. Другие методы расчета заряда
4. Анализ заселенности на основании электростатического потенциала

#### Тема 7. Полуэмпирические методы квантовой химии

Вопросы для изучения:

1. Теория полуэмпирических методов
2. Интеграл перекрывания
3. Двухэлектронные интегралы - виды приближений
4. Приближения, используемые в полуэмпирических методах.
5. Пренебрежение двухатомным дифференциальным перекрыванием: методы MNDO, AM1, PM3.
6. Ограничения, общие для MNDO, AM1, PM3.

#### Тема 8. Методы учета электронной корреляции. Методы теории функционала плотности.

Вопросы для изучения:

1. Методы учета электронной корреляции: обменная корреляция, кулоновская корреляция.
2. Методы теории функционала плотности.
3. Основная идея DFT.
4. Теорема существования Хоэнберга-Кона.
5. 'Локальные' функционалы (LDA).
6. 'Нелокальные' функционалы (NL).
7. Гибридные функционалы
8. Эффективность методов DFT

Методические указания по выполнению контрольных работ по дисциплине 'Основы квантовой химии'

К выполнению контрольных работ рекомендуется приступать только после усвоения всего учебного материала дисциплины.

Рекомендации по освоению контрольных работ:

- контрольную работу следует выполнять полностью, т.е. решить все задачи и ответить на все вопросы задания; непонятный вопрос или задачу не следует пропускать; в этом случае необходимо обратиться за помощью к преподавателю;
- ответы в контрольных работах излагать ясно, точно и полно, таким образом, чтобы преподавателю был ясен весь ход рассуждений;
- при выполнении расчётов необходимо внимательно относиться к единицам измерения всех величин, входящих в ту или иную формулу, и проверять, в каких единицах измерения должен быть результат;
- контрольная работа выполняется на листах формата A4;
- не допускаются перечёркивания, вставки, произвольное сокращение слов и каких-либо обозначений, не применяемых в литературе по изучаемой дисциплине;
- неудовлетворительное оформление контрольной работы может быть причиной её незачёта; небрежность письма и грамматические ошибки недопустимы;
- на каждой странице работы необходимо оставлять поля;
- в шапке контрольной работы необходимо написать фамилию, инициалы, группу, направление, курс, наименование дисциплины, номер контрольного задания.

**10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**



Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем, представлен в Приложении 3 к рабочей программе дисциплины (модуля).

### **11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине (модулю) включает в себя следующие компоненты:

Помещения для самостоятельной работы обучающихся, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья) и оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду КФУ.

Учебные аудитории для контактной работы с преподавателем, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья).

Компьютер и принтер для распечатки раздаточных материалов.

Мультимедийная аудитория.

Компьютерный класс.

### **12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья**

При необходимости в образовательном процессе применяются следующие методы и технологии, облегчающие восприятие информации обучающимися инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья:

- создание текстовой версии любого нетекстового контента для его возможного преобразования в альтернативные формы, удобные для различных пользователей;
- создание контента, который можно представить в различных видах без потери данных или структуры, предусмотреть возможность масштабирования текста и изображений без потери качества, предусмотреть доступность управления контентом с клавиатуры;
- создание возможностей для обучающихся воспринимать одну и ту же информацию из разных источников - например, так, чтобы лица с нарушениями слуха получали информацию визуально, с нарушениями зрения - аудиально;
- применение программных средств, обеспечивающих возможность освоения навыков и умений, формируемых дисциплиной, за счёт альтернативных способов, в том числе виртуальных лабораторий и симуляционных технологий;
- применение дистанционных образовательных технологий для передачи информации, организации различных форм интерактивной контактной работы обучающегося с преподавателем, в том числе вебинаров, которые могут быть использованы для проведения виртуальных лекций с возможностью взаимодействия всех участников дистанционного обучения, проведения семинаров, выступления с докладами и защиты выполненных работ, проведения тренингов, организации коллективной работы;
- применение дистанционных образовательных технологий для организации форм текущего и промежуточного контроля;
- увеличение продолжительности сдачи обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья форм промежуточной аттестации по отношению к установленной продолжительности их сдачи:
- продолжительности сдачи зачёта или экзамена, проводимого в письменной форме, - не более чем на 90 минут;
- продолжительности подготовки обучающегося к ответу на зачёте или экзамене, проводимом в устной форме, - не более чем на 20 минут;
- продолжительности выступления обучающегося при защите курсовой работы - не более чем на 15 минут.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по направлению 04.04.01 "Химия" и магистерской программе "Методы аналитической химии".

### Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Направление подготовки: 04.04.01 - Химия

Профиль подготовки: Методы аналитической химии

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2016

#### Основная литература:

1. Цирельсон, В.Г. Квантовая химия. Молекулы, молекулярные системы и твердые тела. [Электронный ресурс] - Электрон. дан. - М. : Издательство 'Лаборатория знаний', 2014. - 522 с. - Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/66357>
2. Каплан И.Г., Межмолекулярные взаимодействия. Физическая интерпретация, компьютерные расчеты и модельные потенциалы. [Электронный ресурс] - Электрон. дан. - М. : Издательство 'Лаборатория знаний', 2014. - 397 с. - Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/66358>
3. Майер, И. Избранные главы квантовой химии: доказательства теорем и вывод формул. [Электронный ресурс] - Электрон. дан. - М. : Издательство 'Лаборатория знаний', 2014. - 383 с. - Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/50535>
4. Кочелаев, Борис Иванович (д-р физ.-мат. наук ; 1934-) . Квантовая теория : конспект лекций / Б. И. Кочелаев ; Казан. федер. ун-т, Ин-т физики, Каф теорет. физики. - [2-е изд., перераб., доп. и испр.] .- Казань : [Казанский университет], 2013. - 222 с.
5. Хемоинформатика и молекулярное моделирование: дистанционный курс для студентов бакалавриата и магистратуры направления подготовки: 020100 'Химия' [Электронный образовательный ресурс]/Химический институт им. А.М. Бутлерова, кафедра органической химии/ Маджидов Т.И. - Казань: Казанский федеральный университет, 2013. -URL: <http://zilant.kpfu.ru/course/view.php?id=376>

#### Дополнительная литература:

1. Шпольский, Э.В. Атомная физика. Том 2. Основы квантовой механики и строение электронной оболочки атома. [Электронный ресурс] - Электрон. дан. - СПб. : Лань, 2010. - 448 с. - Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/443>
2. Введение в хемоинформатику : учебное пособие / Т. И. Маджидов, И. И. Баскин, И. С. Антипин, А. А. Варнек. - Казань : [Казанский университет], 2013. [Ч. 1]: Компьютерное представление химических структур. - 2013. - 173 с.
3. Введение в хемоинформатику : учебное пособие / Т. И. Маджидов, И. И. Баскин, И. С. Антипин, А. А. Варнек. - Казань : [Казанский университет], 2013. Ч. 2: Химические базы данных / Т. И. Маджидов, И. И. Баскин, А. А. Варнек ; Казан. федер. ун-т. - Казань : [Издательство Казанского университета], 2015. - 185 с.
4. Введение в хемоинформатику : учебное пособие / Т. И. Маджидов, И. И. Баскин, И. С. Антипин, А. А. Варнек. - Казань : [Казанский университет], 2013. Ч. 3: Моделирование 'структура-свойство' / И. И. Баскин, Т. И. Маджидов, А. А. Варнек ; Казан. федер. ун-т. ? Казань : [Издательство Казанского университета], 2015. - 302 с.
5. Ибрагимов, И.М. Основы компьютерного моделирования наносистем. [Электронный ресурс] / И.М. Ибрагимов, А.Н. Ковшов, Ю.Ф. Назаров. - Электрон. дан. - СПб. : Лань, 2010. - 384 с. - Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/156>

**Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем**

Направление подготовки: 04.04.01 - Химия

Профиль подготовки: Методы аналитической химии

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2016

Освоение дисциплины (модуля) предполагает использование следующего программного обеспечения и информационно-справочных систем:

Операционная система Microsoft Windows 7 Профессиональная или Windows XP (Volume License)

Пакет офисного программного обеспечения Microsoft Office 365 или Microsoft Office Professional plus 2010

Браузер Mozilla Firefox

Браузер Google Chrome

Adobe Reader XI или Adobe Acrobat Reader DC

Kaspersky Endpoint Security для Windows

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.