

Федеральное государственное учреждение
«Федеральный научно-исследовательский центр
«Кристаллография и фотоника»
Российской академии наук»

Принято на Ученом совете ЦФ РАН
Протокол № 2 от 08.04.2020 г.

«Утверждаю»

Директор



 О.А. Алексеева

« 08 » апреля 2020г.

Рабочая программа дисциплины
" Квантовая механика молекулярных и протяженных систем "

Направление подготовки
04.06.01. ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ
Направленность (профиль) подготовки
«Физическая химия» (02.00.04)

Квалификация (степень) выпускника
Исследователь. Преподаватель-исследователь

Форма обучения очная

Москва 2020

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения основной образовательной программы

В результате освоения основной образовательной программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре у обучающегося должны быть сформированы следующие универсальные, общепрофессиональные и профессиональные компетенции:

Код компетенции	Результаты освоения ООП <i>Содержание компетенций</i>	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ОПК-1	Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий, использовать базовые знания естественных наук, математики и информатики, основные факты, концепции, принципы теорий, связанных с теорией молекулярных систем и методами многомасштабного молекулярного (атомистического) моделирования.	<p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - способы анализа имеющейся информации - методологию, конкретные методы и приемы научно-исследовательской работы с использованием современных компьютерных технологий - сущность методов молекулярного (атомистического) моделирования. <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - ставить задачу и выполнять научные исследования при решении конкретных задач по направлению подготовки с использованием современной аппаратуры и вычислительных средств - применять теоретические знания по методам сбора, хранения, обработки и передачи информации с использованием современных компьютерных технологий

ПК-1	<p>способность творчески использовать полученные знания в области естественно научных дисциплин, применять, анализировать и развивать методы математической и теоретической физики, математического моделирования и теоретического исследования</p>	<p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - подходы и примеры разработок новых функциональных материалов, основанные на специфике свойств молекул, нанообъектов и наноструктурированных систем; - основные закономерности фотохимических реакций; - процессы, протекающие под действием света в органических и неорганических системах, методы их регистрации; <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - теоретически оценивать и экспериментально определять физико-химические свойства молекул, наночастиц и наноструктурированных систем; <p>владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками получения наноструктурированных, в разной
ПК-2	<p>владение современными методами квантовой химии и молекулярного моделирования</p>	<p>Знать: теоретические физико-химические методы, которые могут применяться для исследования органических веществ.</p> <p>Уметь: планировать теоретические физико-химические исследования и машинные эксперименты в области теории органических соединений.</p> <p>Владеть: современными теоретическими методами физико-химического исследования органических соединений</p>

2. Место дисциплины в структуре программы подготовки аспиранта

Дисциплина изучается на 3 курсе.

Компьютерное моделирование и вычислительные методы играют большую роль в современных физико-химических исследованиях. В современной органической химии установление структуры органических соединений и предсказание их поведения в различных химических процессах и их спектральных свойств невозможно без широкого применения комплекса методов многомасштабного молекулярного моделирования, основными среди которых в настоящее время являются методы квантовой химии (квантовой теории молекулярных систем) и молекулярной динамики. Целью преподавания дисциплины **«Квантовая механика молекулярных и протяженных систем»** является обучение аспирантов специальности 02.00.04 «Физическая химия» применению методов квантовой химии и молекулярного (атомистического) моделирования для предсказания структуры и свойств органических соединений и супрамолекулярных систем.

Задачами изучения дисциплины являются закрепление знаний аспирантов по теоретическим основам изучаемых методов, знакомство с возможностями и ограничениями методов и овладение практическими навыками исследования органических соединений методами квантовой химии и молекулярного (атомистического) моделирования.

Особое значение данной дисциплины в системе подготовки аспирантов состоит в том, что она может служить теоретической базой научных исследований аспирантов, выполняющих научно-исследовательские работы в области синтеза и исследования свойств ценных в практическом отношении органических соединений, а также в области компьютерного моделирования и расчёта свойств сложных супрамолекулярных и наноструктурированных систем, а также биологических макромолекул. Благодаря этому обеспечивается единство учебного и научного процессов.

Для изучения дисциплины необходимы знания, сформированные у аспирантов в результате освоения дисциплин базовой части (общепрофессиональные дисциплины) и образовательных программ магистратуры и специалитета по направлению «Химия»:

-Неорганическая химия (состав, строение и химические свойства основных простых веществ и химических соединений, связь строения вещества и протекания химических процессов, навыки описания свойств веществ на основе закономерностей, вытекающих из периодического закона и Периодической системы элементов);

-Органическая химия (владение теоретическими представлениями органической химии, знаниями о составе, строении и свойствах органических веществ - представителей основных классов биологически активных соединений);

-Квантовая механика и квантовая химия (представление о механизмах образования химической связи, строении и спектральных свойствах атомов и молекул);

-Оптика (представление о природе и характеристиках света, его источниках, взаимодействии его с веществом, знакомство с простейшими оптическими приборами);

-Физические методы исследования (знание принципов и областей использования основных физических методов исследования и анализа веществ).

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

обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единицы (з.е.), 180 академических часов.

3.1. Объем дисциплины по видам учебных занятий (в часах)

Объем дисциплины	Всего часов
Общая трудоемкость дисциплины	180
Контактная работа обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) (всего)	70
<i>Аудиторная работа (всего):</i>	70
в том числе:	
Лекции	54
Научно-практические занятия	16
Самостоятельная работа (всего):	105
Индивидуальная работа обучающихся с литературой, интернет-ресурсами	105
Научно-исследовательская работа	
Групповая, индивидуальная консультация	
Творческая работа (рефераты)	
Объем дисциплины	Всего часов
Вид промежуточной аттестации (зачет)	зачет

4. Содержание дисциплины, структурированное по разделам с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных

занятий

**4.1. Разделы дисциплины и трудоемкость по видам учебных занятий
(в академических часах)**

очная форма обучения

№ тем ы	Наименование разделов, тем дисциплины	Часы			
		Всего	Лекции	Практ. занятия	СР
1	Основные концепции и методы классической механики	19	8	1	10
2	Основные концепции и методы молекулярной квантовой механики	24	8	1	15
3	Метод ССП ЛКАО, базисные функции	34	10	4	20
4	Учет электронной корреляции, метод КВ, теория возмущений, CAS SCF	34	10	4	20
5	Теория функционала плотности	34	10	4	20
6	Методы расчета периодических (протяженных) систем	30	8	2	20
	Зачет	5	-	-	-
Итого		180	54	16	105

4.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание
1	Основные концепции и методы классической механики	
<i>Содержание лекционного курса</i>		
		Введение. Специальные вопросы классической механики: частицы, траектории, обобщенные координаты, ньютонская и лагранжеская формулировки, теорема Нетер и законы сохранения, гамильтониан и гамильтоновская формулировка уравнений механики, канонически сопряженные координаты. малые колебания, молекулярные колебания, нормальные координаты, молекулярные колебания и их классификация.
<i>Содержание практических занятий</i>		
		Классификация молекулярных колебаний для типичных органических соединений. Валентные, деформационные и торсионные колебания.
2	Основные концепции и методы молекулярной квантовой механики	
<i>Содержание лекционного курса</i>		

		<p>Общие принципы квантовой механики: волновые функции и уравнение Шредингера, принцип суперпозиции. Операторы и наблюдаемые величины. Специальные вопросы квантовой механики простых систем: свободная частица, частица в потенциальном ящике, потенциальные барьеры и туннелирование, жесткий ротатор, гармонический осциллятор, атом водорода и водородоподобные ионы.</p> <p>Квантовая механика систем многих частиц, многочастичное уравнение Шредингера, спин, принцип Паули. Атомы, сферическая симметрия и оболочки, слейтеровские детерминанты, уравнения Хартри–Фока для атомов (в центральном поле). Момент количества движения, связь спинового и механического момента, L–S схема. Угловые и радиальные функции. Электронные конфигурации. Классификация элементов (непереходные, переходные, лантаниды). Общая теория приближенных методов квантовой механики: вариационный принцип и вариационные методы, стационарная и нестационарная формулировки теории возмущений. Молекулярные системы и разделение электронных и ядерных движений, адиабатическое приближение и приближение Борна–Оппенгеймера, неадиабатические поправки, понятие о молекулярных термах и поверхностях потенциальной энергии.</p> <p>Уравнения движения ядер, квантово-механическая формулировка теории малых колебаний, гармонические колебания, ангармонические поправки.</p> <p>Электронная задача, основные и возбужденные состояния, Теорема Гельмана–Фейнмана, понятие об электронных переходах и спектрах, энергии и интенсивности электронных переходов, вибронные взаимодействия.</p>
<i>Содержание практических занятий</i>		
		Уравнения для свободной частицы, электронный газ. Порядки теории возмущений. Молекулярные термы. Классификация возбужденных состояний.
3.	Метод ССП ЛКАО, базисные функции	
<i>Содержание лекционного курса</i>		

		<p>Электронные волновые функции, атомные и молекулярные орбитали (АО, МО), базисные функции, Гауссовские базисные функции. Разложение ЛКАО. Многоэлектронные функции и слейтеровские детерминанты, свойства детерминантных волновых функций. Матричные элементы, одно- и многоэлектронные интегралы.</p> <p>Молекулы и химическая связь. Примеры: молекула водорода, гомоядерные двухатомные молекулы, простые углеводороды (метан, этилен, ацетилен, бензол). Сложные соединения р- и d-элементов. Направленные валентности. Связь локализованного и делокализованного описаний.</p> <p>Модель независимых частиц и уравнения самосогласованного поля (ССП) Хартри–Фока–Рутана. Орбитальные энергии и теорема Купманса. Решение уравнений СПИ итерационными и прямыми методами. Конфигурационные разложения и теория конфигурационного взаимодействия (КВ), замкнутые и открытые электронные оболочки, понятие об электронной корреляции, Теорема Бриллюэна. Матрицы плотности и функция электронной плотности.</p>
<i>Содержание практических занятий</i>		
		Классификация базисных наборов, Гауссовские базисы. Теорема Купманса и потенциалы ионизации. Природа корреляционного взаимодействия.
4.	Учет электронной корреляции, метод КВ, теория возмущений, CAS SCF	
<i>Содержание лекционного курса</i>		
		<p>Методы учета электронной корреляции в основном состоянии: теория возмущений Меллера–Плессета (MP2–MP4), ограниченное КВ, теория разложений по связанным кластерам и приближенные варианты теории (CCSD, CCSD(T)). Размерная согласованность методов.</p> <p>Методы учета электронной корреляции в возбужденных состояниях, метод СПИ в полном активном пространстве (CAS SCF). многореференсные методы, многореференсная теория возмущений.</p> <p>Методы расчета возбужденных состояний, основанные на теории связанных кластеров: CC2 и метод уравнений движения (EOM).</p>
<i>Содержание практических занятий</i>		

		Порядки теории возмущений. Построение активного пространства. Применение теории к расчетам возбужденных состояний.
5.	Теория функционала плотности	
<i>Содержание лекционного курса</i>		
		Теория функционала плотности (DFT), Теоремы Хоэнберга – Кона и Кона–Шэма. уравнения Кона–Шэма, основные свойства DFT, локальные и нелокальные обменно-корреляционные функционалы. Методы описания возбужденных состояний в теории функционала плотности, теория функционала плотности с зависимостью от времени (TD DFT).
<i>Содержание практических занятий</i>		
		Сравнение метода ССП МО и методов DFT.
6.	Методы расчета периодических (протяженных) систем	
<i>Содержание лекционного курса</i>		

		<p>Введение в теорию групп и их линейных представлений. Неприводимые представления, разложение приводимого представления по неприводимым. Свойства неприводимых представлений. Теорема Вигнера. Применение теории групп в квантовой механике.</p> <p>Трансляционная симметрия, трехмерная, двухмерная и одномерная периодичность (кристаллы, пленки и полимеры). Кристаллические решетки и элементарные ячейки. Вектор k, прямая и обратная решетки, зона Бриллюэна в обратном пространстве. Блоховские функции. Разложение по плоским волнам. Разложение по атомным орбиталам.</p> <p>Основы зонной теории. Классификация электронных зон: валентная зона, запрещенная зона (щель) и зона проводимости. Классификация материалов по ширине щели: широкозонные полупроводники (изоляторы), узкозонные полупроводники, металлы.</p> <p>Уравнения Хартри–Фока для периодических систем в базе плоских волн. Интегрирование в обратном пространстве по зоне Бриллюэна. Псевдопотенциалы в плосковолновых расчетах периодических систем (сохраняющие норму и ультрамягкие псевдопотенциалы). Метод проектированных присоединенных волн (PAW).</p> <p>Расчеты свойств в плосковолновых методах. Оптические свойства. Метод GW. Расчеты свойств поверхностей, модель кристаллической пластины. Работа выхода. Расчеты систем с примесями и дефектами. Заряженные дефекты.</p>
<p><i>Содержание практических занятий</i></p>		
		<p>Сравнение орбитального и зонного описания.</p>

5. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

5.1. Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине

№ п/п	Контролируемые разделы дисциплины (результаты по разделам)	Код контролируемой компетенции (или её части) / и её формулировка – по желанию	Наименование оценочного средства
1	Основные концепции и методы классической механики	ОПК-1 ПК-1 ПК-2	Зачет
2	Основные концепции и методы молекулярной квантовой механики		
3	Метод ССП ЛКАО, базисные функции		
4	Учет электронной корреляции, метод КВ, теория возмущений, CAS SCF		
5	Теория функционала плотности		
6	Методы расчета периодических (протяженных) систем		

5.2. Типовые контрольные задания или иные материалы

5.2.1. Итоговый контроль качества освоения дисциплины (зачет).

Вопросы к зачету

Билет № 1

Вопросы:

1. Частицы, траектории, обобщенные координаты, ньютонская и лагранжевая формулировки.
2. Конфигурационные разложения и теория конфигурационного взаимодействия (КВ), замкнутые и открытые электронные оболочки, понятие об электронной корреляции, Теорема Бриллюэна.

Билет № 2

Вопросы:

1. Теорема Нетер и законы сохранения, гамильтониан и гамильтоновская формулировка уравнений механики, канонически сопряженные координаты.
2. Матрицы плотности и их свойства, функция электронной плотности.

Билет № 3

Вопросы:

1. Малые колебания, молекулярные колебания, нормальные координаты, молекулярные колебания и их классификация. Классическая теория.
2. Теория возмущений Меллера–Плессета и ограниченное КВ.

Билет № 4

Вопросы:

1. Волновые функции и уравнение Шредингера, принцип суперпозиции, измерения, наблюдаемые, принцип неопределенности.
2. Модель независимых частиц и уравнения самосогласованного поля (ССП) Хартри–Фока–Рутана. Орбитальные энергии и теорема Купманса. Решение уравнений СПП итерационными и прямыми методами.

Билет № 5

Вопросы:

1. Операторы, собственные значения и функции, операторы и наблюдаемые величины, вероятностная интерпретация волновой функции.
2. Теория разложений по связанным кластерам и приближенные варианты теории (CCSD, CCSD(T)).

Билет № 6

Вопросы:

1. Свободная частица, частица в потенциальном ящике, потенциальные барьеры и туннелирование.
2. Теория функционала плотности (DFT), теорема Хоэнберга–Кона, уравнения Кона–Шэма,

основные свойства DFT, локальные и нелокальные обменно-корреляционные функционалы.

Билет № 7

Вопросы:

1. Гармонический осциллятор и его свойства.
2. Теория КВ однократно возбужденных конфигураций (CIS), учет более высоких возбуждений.

Билет № 8

Вопросы:

1. Атом водорода и водородоподобные ионы.
2. Теория ССП в полном активном пространстве (CAS SCF). Многореференсные методы и многореференсная теория возмущений.

Билет № 9

Вопросы:

1. Многочастичные волновые функции и многочастичное уравнение Шредингера; специальные вопросы теории систем многих частиц, спин, принцип Паули.
2. Теория функционала плотности с зависимостью от времени (TD DFT).

Билет № 10

Вопросы:

1. Атомы, сферическая симметрия и оболочки, слейтеровские детерминанты, уравнения Хартри–Фока для атомов (в центральном поле).
2. Приближение замороженного остова, теория псевдопотенциала и эффективные потенциалы. Локальные, полулокальные и нелокальные потенциалы.

Билет № 11

Вопросы:

1. Момент количества движения, связь спинового и механического момента, L–S схема. Угловые и радиальные функции.
2. Анализ волновых функций, характеристики электронных волновых функций (электронные заселенности и заряды на атомах). Молекулярные свойства (дипольные моменты, потенциалы ионизации).

Билет № 12

Вопросы:

1. Электронные конфигурации. Классификация элементов (непереходные, переходные, лантаниды).
2. Структура электронных спектров простых и сложных молекул. Синглетные и триплетные состояния. ППЭ возбужденных состояний и фотохимия. Стоксов сдвиг. Излучательные и безызлучательные переходы.

Билет № 13

Вопросы:

1. Вариационный принцип и вариационные методы, стационарная и нестационарная формулировки теории возмущений.
2. Межмолекулярные взаимодействия и их классификация.

Билет № 14

Вопросы:

1. Разделение электронных и ядерных движений, адиабатическое приближение и приближение Борна–Оппенгеймера, неадиабатические поправки, понятие о молекулярных термах и поверхностях потенциальной энергии.
2. Трансляционная симметрия, трехмерная, двухмерная и одномерная периодичность

(кристаллы, пленки и полимеры). Кристаллические решетки и элементарные ячейки.

Билет № 15

Вопросы:

1. Уравнения движения ядер, квантово-механическая формулировка теории малых колебаний, гармонические колебания, ангармонические поправки.
2. Химические реакции и их описание. Поверхности потенциальной энергии (ППЭ). Топология ППЭ и поиск специальных точек (минимумы и седловые точки) на ППЭ. Основные алгоритмы минимизации энергии и поиска седловых точек, равновесные геометрии. Теория переходного состояния.

Билет № 16

Вопросы:

1. Электронная задача, основные и возбужденные состояния, Теорема Гельмана–Фейнмана, понятие об электронных переходах и спектрах, вибронные взаимодействия
2. Вектор k , прямая и обратная решетки, зона Бриллюэна в обратном пространстве. Блоховские функции. Разложение по плоским волнам. Разложение по атомным орбиталям.

Билет № 17

Вопросы:

1. Электронные волновые функции, атомные и молекулярные орбитали (АО, МО), базисные функции, Гауссовские базисные функции. Разложение ЛКАО.
2. Основы зонной теории. Классификация электронных зон: валентная зона, запрещенная зона (щель) и зона проводимости. Классификация материалов по ширине щели: широкозонные полупроводники (изоляторы), узкозонные полупроводники, металлы

Билет № 18

Вопросы:

1. Многоэлектронные функции и слейтеровские детерминанты, свойства детерминантных волновых функций. Матричные элементы, одно- и многоэлектронные интегралы.
2. Расчеты свойств поверхностей, модель кристаллической пластины.

5.2 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций

Для контроля усвоения данной дисциплины учебным планом предусмотрена сдача зачета. Аспирант считается допущенным к сдаче зачета при условии выполнения им плана учебных занятий. На зачете обучающимся предлагается решить задачу и ответить на два теоретических вопроса по материалам учебной дисциплины.

При проведении зачета ответ считается зачтенным в случае более 50 % правильных ответов на теоретические вопросы. Ответ считается не зачтенным, если материал усвоен аспирантом менее, чем на 50%.

Для получения более глубоких и устойчивых знаний аспирантам рекомендуется изучать дополнительную литературу, список которой приведен в п. 7 рабочей программы по дисциплине.

Для расширения знаний по дисциплине рекомендуется использовать Интернет-ресурсы: поисковые сайты, базы данных химических соединений, электронные библиотеки (п. 7).

6. Перечень основной и дополнительной литературы (учебной и научной), необходимой для освоения дисциплины

а) основная литература:

1. В.Г. Цирельсон, Квантовая химия, молекулы, молекулярные системы, твердые тела. М.: Бином. Лаборатория знаний, 2010.
2. Степанов Н.Ф. Квантовая механика и квантовая химия. - Москва: МИР, 2001
3. Самарский А.А., Гулин А.В. Численные методы. - Москва: Наука, 1989
4. Краснов К.С. Молекулы и химическая связь. - Москва: изд. Высшая школа, 1984

б) дополнительная литература:

1. Пюльман Б., Пюльман А. Квантовая биохимия. - Москва: изд. Мир, 1965
2. Робертс, Дж. Расчёты по методу молекулярных орбит. - Москва: Издательство иностранной литературы, 1963.
3. Гуггенгейм, Э., Пру, Дж. Физико-химические расчёты - Москва: Издательство иностранной литературы, 1958.

1. Периодические издания, электронные ресурсы, включая доступ к базам данных и т.д.:

2.

РИНЦ	https://elibrary.ru/orgs.asp
Web of Science	http://apps.webofknowledge.com/WOS_GeneralSearch_input.do?product=WOS&search_mode=GeneralSearch&SID=F2LiEv3BvmxwoCqmOmV&preferencesSaved=
Scopus	https://www.scopus.com/home.uri
Google Scholar citations	https://scholar.google.ru/citations?user=NbJEoV8A AAAJ&hl=ru
IOP Institute of Physics материалы компании IOP Publishing Limited, а именно, база данных IOP Journal	http://www.iop.org/
AIP материалы компании American Institute of Physics	https://www.aip.org/
CASC	https://www.ebsco.com/e/ru-ru/products-and-

материалы издательства EBSCO Publishing, а именно база данных CASC	services/research-databases
APS Журналы Американского физического общества база данных APS Online Journals	https://www.aps.org/
IEEE материалы компании The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc, а именно, база данных IEEE/IEL	http://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp
RSC материалы Royal Society of Chemistry	http://pubs.rsc.org/
Wiley материалы компании John Wiley & Sons Ltd., а именно база данных Wiley Journals	http://onlinelibrary.wiley.com/
Inspec материалы издательства EBSCO Publishing, а именно база данных INSPEC	https://www.ebsco.com/e/ru-ru/products-and-services/research-databases/inspec
ProQuest материалы компании и PROQUEST LLC, а именно база данных Proquest Dissertations and Theses Global	https://www.proquest.com/products-services/pqdtglobal.html
SpringerNature Зарубежные электронные ресурсы издательства, а именно: Springer Journals Springer Protocols Springer Materials Springer Reference zbMATH Nature Journals Nano Database	http://link.springer.com/ http://www.springerprotocols.com/ http://materials.springer.com/ http://link.springer.com/search?facet-content-type=%22ReferenceWork%22 http://zbmath.org/ http://npg.com/ https://nano.nature.com
Elsevier B.V. Science Direct Complete Freedom Collection зарубежные электронные ресурсы издательства Elsevier «Freedom Collection» и коллекция электронных книг «Freedom Collection eBook collection», размещенных на платформе	https://www.elsevier.com/

CCDC - Cambridge Crystallographic Data Centre Зарубежные электронные ресурсы Кембриджского центра структурных данных	https://www.ccdc.cam.ac.uk/
Scifinder База данных	https://scifinder.cas.org

7. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

вид учебных занятий	организация деятельности обучающегося
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации, на практическом занятии.
Научно-практические занятия	Конспектирование источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы, работа с текстом. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, решение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму и др.
Самостоятельная работа/индивидуальные задания	Знакомство с основной и дополнительной литературой, включая справочные издания, зарубежные источники, конспект и т.д. Составление аннотаций к прочитанным литературным источникам и др. Работа по написанию раздела главы научно-исследовательской работы.
Реферат	Краткое изложение в письменном виде содержания научных трудов, литературы по предложенной научной теме.
Подготовка к экзамену (зачету)	При подготовке к экзамену (зачету) необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу и др.

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

1. Консультирование посредством электронной почты.
2. Интерактивное общение с помощью Skype.
3. Использование слайд-презентаций при проведении лекционных занятий.

9. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

1. Аудитория, обеспеченная компьютером и проектором для демонстрации презентаций, а также стандартной доской для рисования мелом.
2. Лаборатория для проведения практических занятий, оборудованная персональными компьютерами.