

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

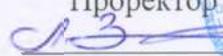
«Майкопский государственный технологический университет»

Факультет Аграрных технологий

Кафедра Химии, физики и физико-химических методов исследования

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

 Л.И. Задорожная

« 23 » 05 20 19 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по дисциплине	<u>Б1. Б.18 Квантовая механика и квантовая химия</u>
по направлению подготовки бакалавров	<u>18.03.01 Химическая технология</u>
по профилю подготовки	<u>Химическая технология синтетических биологически активных веществ химико-фармацевтических препаратов и косметических средств</u>
квалификация (степень) выпускника	<u>бакалавр</u>
программа подготовки	<u>академический бакалавриат</u>
форма обучения	<u>очная, заочная</u>
год начала подготовки	<u>2019</u>

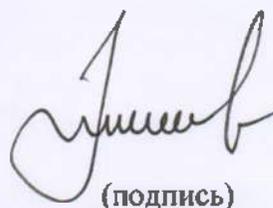
МАЙКОП

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО и учебного плана МГТУ по направлению (подготовки) 18.03.01 Химическая технология

Составитель рабочей программы:

проф. д-р филос. наук
канд. физ-мат. наук

(должность, ученое звание, степень)


(подпись)

Беданокв Р.А.

(Ф.И.О.)

Рабочая программа утверждена на заседании кафедры
Химии, физики и физико-химических методов исследования
(наименование кафедры)

Заведующий кафедрой
«21» 05 2019 г.


(подпись)

Попова А.А.
(Ф.И.О.)

Одобрено учебно-методической комиссией факультета
(где осуществляется обучение)

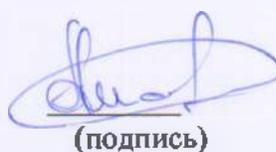
« » 201 г.

Председатель
учебно-методического
совета направления (подготовки)
(где осуществляется обучение)


(подпись)

(Ф.И.О.)

Декан факультета
(где осуществляется обучение)
«21» 05 2019 г.


(подпись)

Шхапацев А.К.
(Ф.И.О.)

СОГЛАСОВАНО:
Начальник УМУ
«22» 05 2019 г.


(подпись)

Локон С.Э.
(Ф.И.О.)

Зав. выпускающей кафедрой
по направлению (подготовки)


(подпись)

Попова А.А.
(Ф.И.О.)

1. Цели и задачи освоения дисциплины

Целью курса “Квантовая механика и квантовая химия” является изучение начал квантовой механики и ее основных приложений к химическим системам. Подробный анализ решений простейших квантово-механических задач и рассмотрение модельных систем в теории химической связи позволяют наполнить строгим физическим содержанием основные понятия, которыми химик пользуется в своей повседневной практике при характеристике свойств многоэлектронных атомов и молекулярных систем, а также определить границы применимости тех или иных теоретических закономерностей, научить прогнозировать свойства химических элементов и их соединений. Кроме того, этот курс является базой для изучения всех физико-химических методов исследования структуры молекулярных систем (ЭПР, ЯМР, спектры КР, УФ, ИК и др.) и их реакционной способности.

Программа включает в себя материал лекционного курса и семинарских занятий, а также разделы для самостоятельной работы студентов.

Задачами дисциплины «Квантовая механика и квантовая химия» являются изучение:

- освоение знаний о фундаментальных физических законах и принципах, лежащих в основе современной квантовой химии; наиболее важных открытиях в области квантовой химии, оказавших определяющее влияние на развитие техники и технологии;
- овладение умениями выдвигать гипотезы и строить модели, применять полученные знания для объяснения разнообразных химических и физических явлений и свойств веществ;
- развитие познавательных интересов, интеллектуальных и творческих способностей в процессе приобретения знаний и умений.

2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата

Дисциплина входит в перечень курсов базовой части. Курс “Квантовая механика и квантовая химия” логически и методически связан с дисциплинами математика, физика, физика твердого тела, статистическая физика. Он необходим для успешного освоения теоретических основ неорганической и органической химии, строения вещества, физических методов исследования структуры молекулярных систем.

Студенты, изучающие дисциплину “Квантовая механика и квантовая химия”, должны иметь базовые знания по математике и физике.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

ОПК – 2 использовать знания о современной физической картине мира, пространственно-временных закономерностях, строении вещества для понимания окружающего мира и явлений природы

ОПК-3 использовать знания о строении вещества, природе химической связи в различных классах химических соединений для понимания свойств материалов и механизма химических процессов, протекающих в окружающем мире

В результате изучения дисциплины бакалавр должен:

Знать: Основные положения квантовой механики, элементы теории представлений, решения простейших задач квантовой механики, приближенные методы квантовой механики (теория возмущений, квазиклассическое приближение, прямой вариационный метод), основные идеи и подходы к решению задач рассеяния, основы теории атомов и молекул, обобщения квантовой механики на релятивистский случай.

Уметь: использовать математический аппарат квантовой механики в нерелятивистском и релятивистском случаях, физически интерпретировать квантовые процессы, применять полученную теоретическую базу для решения конкретных практических задач, грамотно работать с научной литературой с использованием новых информационных технологий.

Владеть: основными методами научных исследований, навыками проведения физического (лабораторного) эксперимента, статистической обработки экспериментальных данных с помощью современных информационных технологий
Дисциплина «Квантовая механика и квантовая химия» изучается с применением лекций, практическими занятиями, с выполнением контрольных работ и самостоятельной работы и завершением экзаменом.

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц (180 часов).

4.1. Объем дисциплины и виды учебной работы для ОФО

Вид учебной работы	Всего часов/з.е.	Семестры			
		5			
Контактные часы (всего)	102,35/2,84	102,35/2,84			
В том числе:					
Лекции (Л)	34/0,94	34/0,94			
Практические занятия (ПЗ)	68/1,90	68/1,90			
Семинары (С)	-	-			
Лабораторные работы (ЛР)	-	-			
Самостоятельная работа студентов (СР) (всего)	42/1,16	42/1,16			
В том числе:					
Курсовой проект (работа)	-	-			
Расчетно-графические работы	-	-			
Реферат	8/0,22	8/0,22			
<i>Другие виды СРС (если предусматриваются, приводится перечень видов СРС)</i>					
1. Изучение тем с помощью рекомендованных источников	8/0,22	8/0,22			
2. Решение задач	26/0,72	26/0,72			
КРАТ	0,35/0,01				
Форма промежуточной аттестации: экзамен	35,65/0,99				
Общая трудоемкость	180/5,0	180/5,0			

4.2. Объем дисциплины и виды учебной работы для ЗФО

Вид учебной работы	Всего часов/з.е.	Семестры		
		5		
контактные часы (всего)	20,35/0,56	20,35/0,56		
В том числе:				
Лекции (Л)	6/0,17	6/0,17		
Практические занятия (Пр)	14/0,39	14/0,39		
Семинары (С)	-	-		
Лабораторные работы (ЛР)	-	-		
Самостоятельная работа студентов (СР)	151/4,19	151/4,19		
В том числе:				
Курсовой проект (работа)	-	-		
Расчетно-графические работы	-	-		
Реферат	36/1	36/1		
<i>Другие виды СРС (если предусматриваются, приводится перечень видов СРС)</i>				
1. Изучение тем с помощью рекомендованных источников	26/0,72	26/0,72		
2. Составление плана-конспекта	24/0,67	24/0,67		
3. Решение задач	30/0,83	30/0,83		
4. Проработка учебного материала по конспектам и учебной литературе.	35/0,97	35/0,97		
<i>КРАТ</i>	0,35/0,01			
Форма промежуточной аттестации: экзамен	8,65/0,24			
Общая трудоемкость	180/5,0	180/5,0		

5. Структура и содержание дисциплины
5.1. Структура дисциплины для очной формы обучения

п/п	Раздел дисциплины	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу и трудоемкость (в часах)						Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
			Л	ЛР	С/ПЗ	КРАТ	СРП	Контроль	
5 семестр									
1.	Тепловое излучение.	1-2	4/0,11		4/0,11				Проверка домашнего задания.
2.	Атомное строение вещества	3-4	4/0,11		4/0,11				Блиц-опрос.
3.	Корпускулярно-волновой дуализм	5-6	4/0,11		4/0,11				Проверка домашнего задания.
4.	Волновая функция	7-8	4/0,11		8/0,22				Коллоквиум.
5.	Физика атомов и молекул	9-10	4/0,11		8/0,22				Блиц-опрос.
6.	Одноэлектронные атомы	11-12	4/0,11		12/0,33			21/0,58	Изучение тем с помощью рекомендованных источников
7.	Многоэлектронные атомы. Свойства многоэлектронных атомов.	13-14	4/0,11		12/0,33			21/0,58	Реферат, решение задач
8.	Теория химической связи	15-16	6/0,17		16/0,44				Блиц-опрос
9.	Промежуточная аттестация: экзамен	17							экзамен в устной форме
	Итого:		34/0,94		68/1,90	0,35/0,01		35,65/0,99	42/1,16

5.2. Структура дисциплины для заочной формы обучения

п/п	Раздел дисциплины	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу и трудоемкость (в часах)						СР
		Л	ЛР	С / ЛЗ	КРАТ	СРП	Контроль	
6 семестр								
1.	Тепловое излучение.			2/0,056				18/0,5
2.	Атомное строение вещества	2/0,056		2/0,056				18/0,5
3.	Корпускулярно-волновой дуализм	2/0,056		2/0,056				20/0,56
4.	Волновая функция	1/0,028		2/0,056				20/0,56
5.	Физика атомов и молекул	1/0,028		2/0,056				20/0,56
6.	Одноэлектронные атомы			2/0,056				20/0,56
7.	Многоэлектронные атомы. Свойства многоэлектронных атомов.			2/0,056				35/0,97
8.	Теория химической связи							
9.	Подготовка к модулю							
10.	Промежуточная аттестация: экзамен				035/0,01		35,65/0,99	экзамен в устной форме
	Итого	6/0,17		14/0,39	035/0,01		8,65/0,24	151/4,19

5.3. Содержание разделов дисциплины «Квантовая механика и квантовая химия», образовательные технологии

Лекционный курс

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Трудоемкость (часы / з.е.)		Содержание	Формируемые компетенции	Результаты освоения (знать, уметь, владеть)	Образовательные технологии
		ОФО	ЗФО				
1	2	3	4	5	6	7	8
Тема 1	Тепловое излучение.	4/0,11		Закономерности теплового излучения. Формула Планка. Фотоэффект. Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта. Фотоны. Эффект Комптона.	ОПК-2 ОПК-3	<i>Знать:</i> Основные положения квантовой механики, элементы теории представлений, решения простейших задач квантовой механики, приближенные методы квантовой механики (теория возмущений, квазиклассическое приближение, прямой вариационный метод), основные идеи и подходы к решению задач рассеяния, основы теории атомов и молекул, обобщения квантовой механики на релятивистский случай. <i>Уметь:</i> использовать математический аппарат квантовой механики в нерелятивистском и	Лекции-визуализации
Тема 2	Атомное строение вещества	4/0,11	2/0,056	Развитие идеи атомизма. Линейчатый спектр излучения атома. Ядерная модель Резерфорда. Боровская теория..	ОПК-2 ОПК-3		
Тема 3	Корпускулярно-волновой дуализм	4/0,11	2/0,056	Корпускулярно-волновая природа света. Гипотеза Де Бройля. Соотношение неопределенностей Гейзенберга.	ОПК-2 ОПК-3		
Тема 4	Волновая функция	4/0,11	1/0,028	Волновая функция и ее статистический смысл. Принцип суперпозиции состояний. Основное уравнение (нерелятивистской) квантовой механики. Операторы.	ОПК-2 ОПК-3		

				<p>Понятие оператора и основные определения. Принципы сопоставления физической величины и ее линейного эрмитовского оператора.</p> <p>Простейшие операторы квантовой механики (постулат) – операторы координат (x, y, z), составляющих импульса (p_x, p_y, p_z) и их коммутационные свойства.</p> <p>Гамильтониан. Построение оператора Гамильтона H. Система из пяти попарно коммутирующих операторов H, M^2, M_z, S^2, S_z для водородоподобного атома – физическое содержание.</p>		<p>релятивистском случаях, физически интерпретировать квантовые процессы, применять полученную теоретическую базу для решения конкретных практических задач, грамотно работать с научной литературой с использованием новых информационных технологий.</p> <p><i>Владеть:</i> основными методами научных исследований, навыками проведения физического (лабораторного) эксперимента, статистической обработки экспериментальных данных с помощью современных информационных технологий</p>
Тема 5	Физика атомов и молекул	4/0,11	1/0,028	<p>Частица в потенциальной яме. прохождение частицы через потенциальный барьер. Туннельный эффект. Линейчатый гармонический осциллятор в квантовой механике.</p>	ОПК-2 ОПК-3	
Тема 6	Одноэлектронные атомы	4/0,11		<p>Решение уравнения Шредингера для атома водорода. Правило отбора и состояния электрона. $1s$-состояние электрона в атоме. Опыт Штерна – Герлаха.</p> <p>Тождественность частиц. Принцип Паули.</p> <p>Водородоподобный атом (ВПА) – постановка задачи, явный вид стационарного уравнения Шредингера в сферической</p>	ОПК-2 ОПК-3	

				<p>системе координат. Угловая (сферические функции $Y_{l,m}(\nu, \varphi)$) и радиальная ($R_{n,l}(r)$) части волновой функции. Координатная и спиновая составляющие полной волновой функции. Вероятностная трактовка волновой функции и понятие атомной орбитали и спин-орбитали. Физическое содержание понятия электронная плотность. Угловое распределение электронной плотности. Понятие о телесном угле. Анализ энергетического спектра водородоподобного атома.</p>		
Тема 7	<p>Многоэлектронные атомы. Свойства многоэлектронных атомов.</p>	4/0,11		<p>Атом гелия. Вариационный принцип. Метод самосогласованного поля Хартри-Фока. Энергетические уровни. Потенциалы ионизации атомов. квантовые числа многоэлектронного атома. Полные орбитальные и спиновые числа. Спин-орбитальное взаимодействие. Термы атомов в приближении спин-орбитального взаимодействия. Спектры многоэлектронных атомов.</p>	ОПК-2 ОПК-3	
Тема 8	<p>Теория химической связи</p>	6/0,17		<p>Приближение Борна-Оппенгеймера. Атомные единицы измерения. Метод молекулярных орбиталей. Приближение линейной комбинации атомных орбиталей.</p>	ОПК-2 ОПК-3	

				<p>Уравнение Рутаана. Базисный набор атомных орбиталей. Орбитали Слетэра-Зенера. Орбитали Гауссова типа. Минимальные базисные наборы STO-KG. Валентно-расщепленные базисные наборы M-NPG. Электронная корреляция. EE составляющие и методы учета. Метод конфигурационного взаимодействия. Активные конфигурационные пространства. Многоконфигурационные методы.</p>			
	Итого	34/0,94	6/0,17				

5.4. Практические и семинарские занятия, их наименование, содержание и объем в часах

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование семинарских занятий	Объем в часах / трудоемкость в з.е.	
			ОФО	ЗФО
1.	Тепловое излучение.	Расчеты на фотоэффект, работу выхода электрона.	4/0,11	2/0,056
2.	Атомное строение вещества	Расчет скорости движения электрона по первой круговой орбите. расчет сил кулоновского притяжения.	4/0,11	2/0,056
3.	Корпускулярно-волновой дуализм	Расчет длины волны электрона	4/0,11	2/0,056
4.	Волновая функция	Вычисление радиальных составляющих волновой функции водородоподобного атома и построение графиков радиального распределения электронной плотности.	8/0,22	2/0,056
5.	Физика атомов и молекул	Простейшие операторы квантовой механики и их свойства – линейность, эрмитовость, коммутационные соотношения. Линейность, эрмитовость и коммутационные свойства системы операторов M_x, M_y, M_z, M^2, H . Вычисление собственных функций и собственных значений операторов M_z и M^2 .	8/0,22	2/0,056
6.	Одноэлектронные атомы	Определение наиболее вероятного и среднего расстояний между ядром и электроном для разных состояний ВПА. Размер орбитали и его расчет для 1s-орбитали ВПА.	12/0,33	2/0,056
7.	Многоэлектронные атомы. Свойства многоэлектронных атомов.	Построение энергетических диаграмм и граничных поверхностей МО для многоатомных молекул	12/0,33	2/0,056
8.	Теория химической связи	Метод МО в приближении Хюккеля. Простейшие примеры расчетов. Заряды на атомах, порядки связей, индексы свободной валентности, энергия делокализации. Формы МО.	16/0,44	
Итого:			68/1,90	14/0,39

5.5. Лабораторные занятия, их наименование и объем в часах

Лабораторные занятия учебным планом не предусмотрены.

5.6. Примерная тематика курсовых проектов (работ)

Курсовые проекты(работы) учебным планом не предусмотрены

5.7. Самостоятельная работа студентов

Содержание и объем самостоятельной работы студентов

№ п/п	Разделы и темы рабочей программы самостоятельного изучения	Перечень домашних заданий и других вопросов для самостоятельного изучения	Сроки выполнения	Объем в часах / трудоемкость в з.е.	
				ОФО	ЗФО
1.	Тепловое излучение.	Составление плана-конспекта Проработка учебного материала	2-3 недели		18/0,5
2.	Атомное строение вещества	Составление плана-конспекта Проработка учебного материала	4-5 недели		18/0,5
3.	Корпускулярно-волновой дуализм	Составление плана-конспекта Проработка учебного материала	6-7 недели		20/0,56
4.	Волновая функция	Составление плана-конспекта Проработка учебного материала	8-9 недели		20/0,56
5.	Физика атомов и молекул	Составление плана-конспекта Проработка учебного материала	10-11 недели		20/0,56
6.	Одноэлектронные атомы	Составление плана-конспекта Проработка учебного материала Составление и защита рефератов Решение задач	12-13 недели	21/0,58	20/0,56
7.	Многоэлектронные атомы. Свойства многоэлектронных атомов.	Составление плана-конспекта Проработка учебного материала Составление и защита рефератов Решение задач	14-15 недели	21/0,58	35/0,97
8.	Теория химической связи	Составление плана-конспекта Проработка учебного материала	16 -17 неделя		
Итого:				42/1,16	151/4,19

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

6.2 Литература для самостоятельной работы

а) основная литература

1. Кузнецов, С.И. Физика. Волновая оптика. Квантовая природа излучения. Элементы атомной и ядерной физики [Электронный ресурс]: учебное пособие / С.И. Кузнецов, А.М. Лидер. - М.: Вузовский учебник: ИНФРА-М, 2019 - 212 с. - ЭБС «Znanium.com» - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/1002478>

2. Мозолевская, Т.В. Основы квантовой механики и физики атома [Электронный ресурс]: учебное пособие / Т.В. Мозолевская, Ю.В. Филиппенко; под ред. В.А. Якимова. - Москва: ИНФРА-М, 2019. - 108 с. - ЭБС «Znanium.com» - Режим доступа: <https://new.znanium.com/catalog/document?id=339846>

3. Барановский, В.И. Квантовая механика и квантовая химия: учебное пособие / В.И. Барановский. - СПб.: Лань, 2017. - 428 с.

б) дополнительная литература

1. Трясучёв, В.А. Квантовая механика для студентов технических вузов [Электронный ресурс]: учебное пособие / В.А. Трясучёв. - Томск: Томский политехнический университет, 2017. - 156 с. - ЭБС «IPRbooks» - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/84014.html>

2. Ширяев, А.К. Квантовая механика и квантовая химия [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие / А.К. Ширяев. - Самара: Самарский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2017. - 121 с. - ЭБС «IPRbooks» - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/90518.html>

3. Браун, А.Г. Элементы квантовой механики и физики атомного ядра [Электронный ресурс]: учебное пособие / А.Г. Браун, И.Г. Левитина - М.: ИНФРА-М, 2015. - 84 с. - ЭБС «Znanium.com» - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=486392>

Информационно-телекоммуникационные ресурсы сети «Интернет».

1. Образовательный портал ФГБОУ ВО «МГТУ» [Электронный ресурс]: Режим доступа: <https://mkgtu.ru/>

2. Официальный сайт Правительства Российской Федерации. [Электронный ресурс]: Режим доступа: <http://www.government.ru>

3. Информационно-правовой портал «Гарант» [Электронный ресурс]: Режим доступа: <http://www.garant.ru/>

4. Научная электронная библиотека www.eLIBRARY.RU - Режим доступа: <http://elibrary.ru/>

5. Электронный каталог библиотеки - Режим доступа: <http://lib.mkgtu.ru:8004/catalog/fol2;>

6. Единое окно доступа к образовательным ресурсам: Режим доступа: <http://window.edu.ru/>

СОГЛАСОВАНО
С БИБЛИОТЕКОЙ МГТУ
/САМУСОВА Е.Е./

7. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

7.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы

Этапы формирования компетенции (номер семестра согласно учебному плану)	Наименование учебных дисциплин, формирующих компетенции в процессе освоения образовательной программы
<i>ОПК-2 использовать знания о современной физической картине мира, пространственно-временных закономерностях, строении вещества для понимания окружающего мира и явлений природы</i>	
1,2,3,4	Физика
56	Физическая химия
5	<i>Квантовая механика и квантовая химия</i>
7	Химия и физика твердого тела
8	Статистическая физика
8	Научно-исследовательская работа
А	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы
А	Защита выпускной квалификационной работы, включая подготовку к процедуре защиты и процедуру защиты
<i>ОПК-3– использовать знания о строении вещества, природе химической связи в различных классах химических соединений для понимания свойств материалов и механизма химических процессов, протекающих в окружающем мире</i>	
1,2,3,4	Физика
56	Физическая химия
5	<i>Квантовая механика и квантовая химия</i>
7	Химия и физика твердого тела
8	Статистическая физика
8	Научно-исследовательская работа
А	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы
А	Защита выпускной квалификационной работы, включая подготовку к процедуре защиты и процедуру защиты

7.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкалы оценивания

Планируемые результаты освоения компетенции (в рамках дисциплины, модуля, практики)	Критерии оценивания результатов обучения				Наименование оценочного средства
	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	отлично	
<i>ОПК-2 использовать знания о современной физической картине мира, пространственно-временных закономерностях, строении вещества для понимания окружающего мира и явлений природы</i>					
Знать: способы реализации задач в зоне своей ответственности с учетом имеющихся ресурсов и ограничений, действующих правовых норм творческого потенциала	Фрагментарные знания	Неполные знания	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания	Сформированные систематические знания	Реферат, вопросы к зачету
Уметь: Определять круг задач в рамках поставленной цели, определяет связи между ними; Предлагать способы решения поставленных задач и ожидаемые результаты; оценивать предложенные способы с точки зрения соответствия цели проекта	Частичные умения	Неполные умения	Умения полные, допускаются небольшие ошибки	Сформированные умения	
Владеть: способами решения поставленных задач и ожидаемые результаты; оценивания предложенных способов с точки зрения соответствия цели проекта	Частичное владение навыками	Несистематическое применение навыков	В систематическом применении навыков допускаются пробелы	Успешное и систематическое применение навыков	
<i>ОПК-3– использовать знания о строении вещества, природе химической связи в различных классах химических соединений для понимания свойств материалов и механизма химических процессов, протекающих в окружающем мире</i>					
Знать: базовые знания в области квантовой механики и квантовой химии физики при планировании работ химической направленности	Фрагментарные знания	Неполные знания	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания	Сформированные систематические знания	Реферат, вопросы к зачету

Уметь: Обрабатывать данные с использованием стандартных способов аппроксимации численных характеристик	Частичные умения	Неполные умения	Умения полные, допускаются небольшие ошибки	Сформированные умения	
Владеть: способами интерпретации результатов химических наблюдений с использованием физических законов и представлений	Частичное владение навыками	Несистематическое применение навыков	В систематическом применении навыков допускаются пробелы	Успешное и систематическое применение навыков	

7.3 Контрольные вопросы и задания для проведения промежуточной аттестации

Примерный перечень вопросов к зачету по дисциплине «Квантовая механика и квантовая химия»

1. Теоретические вопросы

1. Теория водородоподобного атома по Н. Бору. Постулаты Бора.
2. Экспериментальное доказательство корпускулярно-волновой природы света и электронов.
3. Соотношение неопределенностей В.Гейзенберга и формулировка задачи о вероятностном подходе при описании движения микрочастиц. Волновая функция, ее физическое содержание (М.Борн) и стандартные требования, предъявляемые к волновой функции. Эвристический “вывод” волнового уравнения Шредингера для свободной микрочастицы с корпускулярно-волновыми свойствами и его обобщение для частицы, движущейся в силовом поле. Понятие о стационарном уравнении Шредингера.
4. Понятие об линейных эрмитовских операторах, операторных уравнениях, собственные значения и собственные функции операторов, их свойства в случае эрмитовских операторов.
5. Физическое содержание некоторых математических понятий: оператор физической величины, его собственные значения и собственные функции, коммутация операторов. Квантово-механическое описание состояния системы.
6. Физический смысл коммутации эрмитовских операторов. Вычисление коммутаторов операторов x, p_x, M_x, M_y, M_z и M^2 – физическое содержание полученных результатов.
7. Свойства собственных значений и собственных функций эрмитовских операторов. Операторы проекций вектора момента импульса M_x, M_y, M_z , их коммутационные свойства. Операторное уравнение для M_z , его собственные функции и собственные значения. Магнитное квантовое число.

8. Оператор квадрата момента импульса M^2 – его собственные функции и собственные значения. Орбитальное квантовое число. Пространственное квантование вектора M .
9. Опыты Штерна и Герлаха, приводящие к понятию спина – собственного момента импульса микрочастицы \vec{S} . Операторы спина S^2, S_x, S_y, S_z - их свойства, структура и свойства собственных значений и собственных функций этих операторов. Вычисление значений спиновых квантовых чисел s и m_s из опыта Штерна и Герлаха.
10. Задача о движении частицы в одномерной потенциальной яме с бесконечно высокими стенками
11. Результаты решения уравнения Шредингера для ВПА, структура волновых функций, квантовые числа, взаимосвязь между ними и их физическое содержание. Понятие об электронной орбитали, электронной плотности.
12. Основные закономерности радиального распределения электронной плотности. Наиболее вероятное и среднее положения электрона для разных состояний ВПА, размеры орбиталей.
13. Основные закономерности углового распределения электронной плотности. Вещественные сферические функции. Форма и положение орбиталей в пространстве.
14. Спин-орбитальное взаимодействие – физическое содержание явления. Теорема сложения моментов, полный момент импульса электрона, квантовые числа полного момента j и m_j . Расчет дублетного расщепления уровней энергии в водородоподобном атоме в рамках теории возмущений, тонкая структура атомного спектра ВПА.
15. Водородоподобный атом во внешнем магнитном поле, критерий сильного и слабого полей. Эффекты Зеемана и Пашена-Бака. Расчет расщепления энергетических уровней в слабых и сильных магнитных полях. Фактор Ланде.
16. Состояние электрона в многоэлектронном атоме и квантовые числа. Связь квантовых чисел с основными элементами электронного строения атома: квантовое состояние (спин-орбиталь), атомная орбиталь (АО), электронная оболочка, электронный слой. Определение их емкости на основе узкой формулировки принципа Паули. Последовательность заполнения электронных оболочек (энергетических уровней) многоэлектронных атомов (правило Клечковского). Электронные конфигурации атомов и одноатомных ионов. Основные принципы построения ПС Д.И. Менделеева, периодический закон и строение атома.
17. Термы многоэлектронных атомов. Правила Хунда. Основной терм электронной конфигурации атома и одноатомного иона и методика его определения. Спектры многоэлектронных атомов, правила отбора. Особенности спектров атомов щелочных металлов (на примере лития и натрия).
18. Расщепление энергетических уровней атома натрия в слабом и сильном магнитных полях. Электронный спектр атома в магнитных полях разной силы, правила отбора.
19. Оператор Гамильтона и волновая функция для молекулярных систем. Адиабатическое приближение в теории химической связи. Уравнение Шредингера для электронного и ядерного движений.
20. Вариационный принцип – основного неравенства $E \geq E_0$ для произвольной пробной функции. Вариационный принцип Ритца и его реализация для случая бинарной пробной функции.
21. Расчет молекулы водорода по методу Гайтлера и Лондона на основе вариационного принципа Ритца. Потенциальные кривые взаимодействия двух атомов водорода. Распределение электронной плотности в молекуле, перекрывание АО как необходимый элемент образования химической

связи. Спиновая составляющая волновой функции, спаривание электронов при образовании химической связи как требование принципа Паули.

22. Теория Гайтлера-Лондона как основа метода ВС. Классификация химических связей по механизму их образования (обменный и донорно-акцепторный) и по способу перекрывания валентных АО (σ, π, δ – связи). Кратность связи. Понятие о насыщении химической связи, валентности, валентном состоянии атома. Валентные возможности атомов I, II, III периодов.

23. Гибридизация АО при моделировании валентного состояния атома – ее физическое содержание и принципы расчета. Основные типы гибридных орбиталей с участием s, p, d – АО.

24. Теория отталкивания электронных пар валентных орбиталей (метод Р.Гиллеспи) и геометрия молекул и многоатомных ионов. Взаимосвязь метода с теорией гибридизации.

25. Электроотрицательность атома в молекуле (Л.Полинг) и методика ее расчета (шкалы Полинга, Малликена). Классификация химических связей по положению связывающей электронной пары. Полярность связи и дипольный момент двухатомной молекулы. Связь между пространственным строением многоатомной молекулы и ее дипольным моментом.

26. Особенности ионной связи. Виды кристаллических решеток галогенидов щелочных металлов – геометрический фактор. Расчет энергии кристаллической решетки типа хлорида натрия. Вклады кулоновского и некулоновского взаимодействий ионов в энергию решетки. Константа Маделунга. Уравнение Борна-Ланде. Оценка качества расчета энергии ионной кристаллической решетки на основе термодинамического цикла Борна-Габера.

27. Метод МО – основные положения и постановка задачи. Одноэлектронное приближение, понятие молекулярной орбитали, полная волновая функция молекулы. Приближение МО ЛКАО в методе Хартри-Фока, уравнения Рутана и методика их решения. Электронная конфигурация молекулы и правила ее составления.

28. Молекула водорода в методе МО – построение пробной волновой функции в виде ЛКАО и расчет энергетических состояний молекулы. Анализ распределения электронной плотности в молекуле водорода. Связывающая и разрыхляющая МО и их формы. Энергетическая диаграмма молекулы и ее электронная конфигурация.

29. Гетероядерные двухатомные молекулы. Полярность связи и дипольный момент двухатомной молекулы. Особенности их энергетических диаграмм и формы МО. Оценка эффективных зарядов на атомах на основе их дипольных моментов и в методе МО (на примере молекулы HF).

30. Многоатомные молекулы в методе МО. Основные правила качественного построения энергетических диаграмм и вида МО. Симметрия АО центрального атома и групповые орбитали концевых атомов. Примеры качественного построения МО ЛКАО, форм МО, энергетических диаграмм и электронных конфигураций молекул.

31. Теория кристаллического поля (ТКП) - основные положения. Расщепление d-уровней центрального иона в октаэдрическом и тетраэдрическом полях лигандов. Взаимосвязь между параметром расщепления Δ_o и Δ_t и энергиями орбиталей групп t_{2g} и e_g . Спектрохимический ряд лигандов. Октаэдрические и тетраэдрические комплексы сильного и слабого полей и их магнитные свойства. Энергия стабилизации кристаллическим полем (на примере энергии гидратации ионов M^{2+} переходных металлов IV периода ПС).

32. Описание строения комплексных соединений в методе ВС. Взаимосвязь формы и характера гибридизации АО комплексобразователя. Внешнесферная и внутрисферная гибридизация и магнитные свойства комплексов.

33. Теория поля лигандов. Построение МО и энергетической диаграммы октаэдрического комплекса на основе анализа симметрии d-орбиталей комплексобразователя и

орбиталейлигандов без учета π -взаимодействия. Влияние π -орбиталейлигандов на энергетическую диаграмму комплекса. Обоснование положения лигандов в спектрохимическом ряду.

34. Основные приближения простого метода МОХ. Полуэмпирические уравнения Хюккеля как следствие неэмпирических уравнений Рутана. Определение качественных характеристик сопряженных и ароматических углеводородов – вида МО ЛКАО и формы МО, энергетических диаграмм, зарядов на атомах, порядков связи, индексов свободной валентности и энергии делокализации электронной плотности. Молекулярные диаграммы. (на примере молекулы бутадиена)

II. Практические вопросы

1. Анализ радиального, углового и полного распределений электронной плотности для-состояния ВПА (вывод на основе явного вида радиальной и сферических функций, взятых из справочника, для данного набора квантовых чисел).

2. Записать электронную конфигурацию атома (иона), определить основной терм электронной конфигурации без учета (^{2S+1}L) и с учетом спин-орбитального взаимодействия ($^{2S+1}L_J$); представить диаграмму расщепления основного энергетического термина ^{2S+1}L в сильном и слабом магнитных полях.

3. а) Сравнить описание молекулы (молекулярного иона, фрагмента молекулы) ___ в методах ВС и МО.

б) Сравнить описание комплексных ионов ___ и ___ в методах ТКП и ТПЛ, ВС.

7.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков, и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Требования к написанию реферата

Продукт самостоятельной работы студента, представляющий собой краткое изложение в письменном виде полученных результатов (учебно-исследовательской) темы, где автор раскрывает суть исследуемой проблемы, приводит различные точки зрения, а также собственные взгляды на нее.

Реферат должен быть структурирован (по главам, разделам, параграфам) и включать разделы: введение, основная часть, заключение, список использованных источников. В зависимости от тематики реферата к нему могут быть оформлены приложения, содержащие документы, иллюстрации, таблицы, схемы и т.д. Объем реферата – 15-20 страниц печатного текста, включая титульный лист, введение, заключение и список литературы.

Задачами реферата являются:

1. Формирование умений самостоятельной работы с источниками литературы, их систематизация;

2. Развитие навыков логического мышления;

3. Углубление теоретических знаний по проблеме исследования.

При оценке реферата используются следующие критерии:

- новизна текста;

- обоснованность выбора источника;

- степень раскрытия сущности вопроса;

- соблюдения требований к оформлению.

Критерии оценивания реферата:

Отметка «отлично» – выполнены все требования к написанию и защите реферата: обозначена проблема и обоснована её актуальность, сделан краткий анализ различных точек зрения на рассматриваемую проблему и логично изложена собственная позиция, сформулированы

выводы, тема раскрыта полностью, выдержан объём, соблюдены требования к внешнему оформлению, даны правильные ответы на дополнительные вопросы.

Отметка «хорошо» – основные требования к реферату и его защите выполнены, но при этом допущены недочёты. В частности, имеются неточности в изложении материала, отсутствует логическая последовательность в суждениях, не выдержан объём реферата, имеются упущения в оформлении, не допускает существенных неточностей в ответе на дополнительный вопрос.

Отметка «удовлетворительно» – имеются существенные отступления от требований к реферированию. В частности, тема освещена лишь частично, допущены фактические ошибки в содержании реферата или при ответе на дополнительные вопросы, во время защиты отсутствует вывод.

Отметка «неудовлетворительно» – тема реферата не раскрыта, обнаруживается существенное непонимание проблемы.

Тематика рефератов выдается преподавателем, и студент выбирает тему самостоятельно в течение первых двух недель обучения.

Освоение дисциплины оценивается в форме зачета: «зачтено», «не зачтено».

Критерии оценки знаний студентов на зачете:

«Зачтено» - выставляется при условии, если студент показывает хорошие знания изученного учебного материала; самостоятельно, логично и последовательно излагает, и интерпретирует материалы учебного курса; полностью раскрывает смысл предлагаемого вопроса; владеет основными терминами и понятиями изученного курса; показывает умение переложить теоретические знания на предполагаемый практический опыт.

«Не зачтено» - выставляется при наличии серьезных упущений в процессе изложения учебного материала; в случае отсутствия знаний основных понятий и определений курса или присутствии большого количества ошибок при интерпретации основных определений; если студент показывает значительные затруднения при ответе на предложенные основные и дополнительные вопросы; при условии отсутствия ответа на основной и дополнительный вопросы.

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература

1. Кузнецов, С.И. Физика. Волновая оптика. Квантовая природа излучения. Элементы атомной и ядерной физики [Электронный ресурс]: учебное пособие / С.И. Кузнецов, А.М. Лидер. - М.: Вузовский учебник: ИНФРА-М, 2019 - 212 с. - ЭБС «Znanium.com» - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/1002478>

2. Мозолевская, Т.В. Основы квантовой механики и физики атома [Электронный ресурс]: учебное пособие / Т.В. Мозолевская, Ю.В. Филиппенко; под ред. В.А. Якимова. - Москва: ИНФРА-М, 2019. - 108 с. - ЭБС «Znanium.com» - Режим доступа: <https://new.znanium.com/catalog/document?id=339846>

3. Барановский, В.И. Квантовая механика и квантовая химия: учебное пособие / В.И. Барановский. - СПб.: Лань, 2017. - 428 с.

б) дополнительная литература

1. Трясучёв, В.А. Квантовая механика для студентов технических вузов [Электронный ресурс]: учебное пособие / В.А. Трясучёв. - Томск: Томский политехнический университет, 2017. - 156 с. - ЭБС «IPRbooks» - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/84014.html>

2. Ширяев, А.К. Квантовая механика и квантовая химия [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие / А.К. Ширяев. - Самара: Самарский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2017. - 121 с. - ЭБС «IPRbooks» - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/90518.html>

3. Браун, А.Г. Элементы квантовой механики и физики атомного ядра [Электронный ресурс]: учебное пособие / А.Г. Браун, И.Г. Левитина - М.: ИНФРА-М, 2015. - 84 с. - ЭБС «Znanium.com» - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=486392>

Информационно-телекоммуникационные ресурсы сети «Интернет».

1. Образовательный портал ФГБОУ ВО «МГТУ» [Электронный ресурс]: Режим доступа: <https://mkgtu.ru/>

2. Официальный сайт Правительства Российской Федерации. [Электронный ресурс]: Режим доступа: <http://www.government.ru>

3. Информационно-правовой портал «Гарант» [Электронный ресурс]: Режим доступа: <http://www.garant.ru/>

4. Научная электронная библиотека www.eLIBRARY.RU - Режим доступа: <http://elibrary.ru/>

5. Электронный каталог библиотеки - Режим доступа: <http://lib.mkgtu.ru:8004/catalog/fo12;>

6. Единое окно доступа к образовательным ресурсам: Режим доступа: <http://window.edu.ru/>

СОГЛАСОВАНО
С БИБЛИОТЕКОЙ МГТУ

/САМУСОВА Е.Е. /

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

Общие вопросы организации изучения дисциплины.

На изучение дисциплины согласно учебному плану на *очной форме обучения* отводится 108 часов, из них 51,25 контактных часов, 56,75 часов приходится для СРС. Контактные часы подразделяются на лекции (17 часов), лабораторные работы (17 часов), практические занятия (17 часов), и самостоятельная работа под руководством преподавателя (0,25 часов). На *заочной форме обучения* изучению дисциплины согласно учебному плану отводится 108 часов, из них 8,25 контактных часов и 96 час для СРС. Контактные часы подразделяются на лекции (4 часа), лабораторные работы (2 часа), практические занятия (2 часа) и контактная работа в период аттестации (0,25 часов).

Изучение курса требует посещения лекций, активной работы на лабораторных и практических занятиях, выполнения всех учебных заданий преподавателя, ознакомления с основной и дополнительной литературой, СРС. Во время лекции студент должен вести краткий конспект. Работа с конспектом лекций предполагает в рамках СРС просмотр конспекта (желательно в тот же день после занятий). Необходимо отметить материалы конспекта, которые вызывают затруднения для понимания. При этом обучающийся должен стараться найти ответ на затруднительный вопрос, используя рекомендованную литературу. Если ему самостоятельно не удалось разобраться с материалом, необходимо сформулировать вопросы и обратиться к преподавателю на консультации или ближайшей лекции. Обучающемуся необходимо регулярно отводить время для повторения пройденного материала, проверяя свои знания, умения и навыки по контрольным вопросам (в пределах времени СРС).

Программой предусмотрен лабораторный практикум. Углубление и конкретизация знаний производится при его проведении. Необходимым условием является самостоятельная работа студентов с использованием наглядных пособий, необходимой технической документации и литературы. Каждое занятие оснащается дидактическими материалами: плакатами, схемами. Основная цель проведения этих занятий – формирование у студентов аналитического, творческого мышления путём приобретения практических навыков. Лабораторные занятия выполняют следующие задачи: стимулируют регулярное изучение рекомендованной литературы, а также внимательное отношение к лекционному курсу; закрепляют знания, полученные в процессе лекционного обучения и самостоятельной работы над литературой; расширяют объём профессионально значимых знаний, умений, навыков; позволяют проверить правильность ранее полученных знаний; прививают навыки самостоятельного мышления, устного выступления; способствуют свободному оперированию терминологией; предоставляют преподавателю возможность систематически контролировать уровень самостоятельной работы студентов. Углубление и конкретизация знаний производится при проведении лабораторных работ. Основным методом проведения этих занятий является самостоятельная работа студентов с использованием лабораторного оборудования, наглядных пособий, необходимой технической документации и литературы. Каждое занятие оснащается дидактическими материалами: плакатами, схемами. Содержание лабораторных занятий фиксируется в РПД в разделе 5.5, настоящей программы.

При подготовке к зачету в дополнение к изучению конспектов лекций, необходимо пользоваться учебной литературой, рекомендованной к настоящей программе. При подготовке к зачету необходимо изучить теорию: определения всех понятий и законов до состояния понимания материала и самостоятельно решить по нескольку типовых задач из каждой темы. При решении задач всегда необходимо уметь качественно интерпретировать итог решения.

Самостоятельная работа студентов (СРС) по дисциплине играет важную роль в ходе всего учебного процесса. Материалы и методические рекомендации для обеспечения СРС готовятся преподавателем и выдаются студенту преподавателем и библиотекой.

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

Информационные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, позволяют:

- организовать процесс образования путем визуализации изучаемой информации посредством использования презентаций, учебных фильмов;
- контролировать результаты обучения на основе компьютерного тестирования;
- автоматизировать расчеты аналитических показателей, предусмотренные программой научно-исследовательской работы;
- автоматизировать поиск информации посредством использования справочных систем.

10.1. Перечень необходимого программного обеспечения

Наименование программного обеспечения, производитель	Реквизиты подтверждающего документа (№ лицензии, дата приобретения, срок действия)
Microsoft Office Word 2010	Номер продукта 14.0.6024.1000 SP1 MSO (14.0.6024.1000) 02260-018-0000106-48095
УП ВО	v22.4.73, от 17.11.2017
Kaspersky Anti-virus 6/0	№ лицензии 26FE-000451-5729CF81 Срок лицензии 07.02.2020
Adobe Reader 9	Бесплатно, 01.02.2019,
OC Windows 7 Профессиональная, Microsoft Corp.	№ 00371-838-5849405-85257, 23.01.2012, бессрочный
VLC Media Player, VideoLAN	01.02.2019, свободная лицензия
7-zip.org	GNU LGPL
Inkscape- профессиональный векторный графический редактор для Linux, Windows и macOS.	Свободно распространяемое ПО GNU GENERAL PUBLIC LICENSE Version 3, 29 June 2007
Офисный пакет WPS Office	Свободно распространяемое ПО
GIMP- растровый графический редактор для Linux, Windows	Свободно распространяемое ПО Стандартная Общественная Лицензия GNU(GNUGPL), опубликованная Фондом свободного программного обеспечения (FSF)
QGIS- географическая информационная система (ГИС) Производитель: Фонд по открытому геопространственному программному обеспечению (OSGeo)	Свободно распространяемое ПО GNU General Public License.
Autodesk AutoCAD- Профессиональное ПО для 2D и 3D проектирования Производитель: Компания Autodesk	Учебная версия
Autodesk 3DMAX- Программа для 3D-моделирования, анимации и визуализации	Учебная версия

Производитель: Компания Autodesk	
Oracle VM VirtualBox- программный продукт виртуализации для операционных систем Microsoft Windows, Linux, FreeBSD, macOS, Solaris/OpenSolaris, ReactOS, DOS и других Производитель: Oracle	Универсальная общедоступная лицензия GNU

10.2. Перечень необходимых информационных справочных систем

Каждый обучающийся в течение всего периода обучения обеспечен индивидуальным неограниченным доступом к электронно-библиотечным системам:

1. Электронная библиотечная система «Консультант студента» (<http://www.studentlibrary.ru/>)
2. Электронная библиотечная система «IPRbooks» (<http://www.iprbookshop.ru/>)
3. Электронная библиотечная система «ZNANIUM.COM» (<http://www.znanium.com>).

Для обучающихся обеспечен доступ (удаленный доступ) к следующим современным профессиональным базам данных, информационным справочным и поисковым системам:

1. Консультант Плюс – справочная правовая система (<http://consultant.ru>)
2. Web of Science (WoS) (<http://apps.webofknowledge.com>)
3. Научная электронная библиотека (НЭБ) (<http://www.elibrary.ru>)
4. Электронная Библиотека Диссертаций (<https://dvs.rsl.ru>)

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

№ п/п	Название лаборатории	Номер аудитории	Количество посадочных мест	Перечень основного учебно-лабораторного оборудования	Закрепленная кафедра
Кафедра экологии и защиты окружающей среды					
1.	Лаборатория пожарной безопасности	а.226	24	Стол 2-х местный лабораторный – 6 шт. Стол 2-х местный студенческий – 6 шт. Стол преподавателя – 1 шт. Стулья студенческие – 24 шт. Доска школьная 3-х створчатая – 1 шт. Проектор BENG MS 500 DLP2500ANSI SVQA 800x600 Проектор BENG MP523 настольный Экран для проекционной техники ProjectaPro View на штативе 178x178 Интерактивная доска Legamaster Professional 120x67 Интерактивная доска для обучения и презентаций Presenter EP93 Стенд-тренажер «Система	Кафедра экологии и защиты окружающей среды

СОГЛАСОВАНО

С БИБЛИОТЕКОЙ МГТУ

/САМУСОВА Е.В./

				<p>противопожарного водоснабжения» для проведения учебных работ по противопожарному водоснабжению;</p> <p>Демонстрационно-тренажерный стенд «Системы оповещения»;</p> <p>Стенд-планшет «Планы пожарной эвакуации»; демонстрационный материал.</p> <p>Набор наглядных пособий по дисциплинам специальности 20.05.01 Пожарная безопасность</p>	
2.	Лаборатория техносферной безопасности	225	24	<p>Доска, рабочее место преподавателя, учебные наглядные пособия, справочная литература</p> <p>Стол 2-х местный студенческий – 12 шт.</p> <p>Стол преподавателя – 1 шт.</p> <p>Стулья студенческие – 24 шт.</p> <p>Доска школьная 3-х створчатая – 1 шт.</p> <p>Проектор Beng MS 500 DLP2500ANSI SVQA 800x600</p> <p>Экран для проекционной техники ProjectaProView на штативе 178x178</p> <p>Интерактивная доска Legamaster Professional 120x67</p> <p>Интерактивная доска для обучения и презентаций Presenter EP93</p> <p>Моноблок MSI AP 1920-095 RRU</p> <p>МФУ Canon- SENSYS MF 4430</p> <p>Системный блок KRAFTWAV credo KS35C 2800/512/805/1</p> <p>Лабораторное оборудование:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Класс-комплект лаборатория для экологических исследований воды, воздуха, почвы «ЭХБ» 8.300.3 – 9 шт; 2. Прибор для определения ОВ и V-газов в воздухе – 2 шт; 3. Барометр-анероид – 2 шт; 4. Анемометр крыльчатый – 1 шт; 5. Гигрометр М34 – 1 шт; 6. Аспиратор А-800 – 2 шт; 7. Микроскоп МСБ-10 – 1 шт; 8. Микроскоп МБУ 4А – 1 шт; 9. Микроскоп светлый ХХ – 2 шт; 	Кафедра экологии и защиты окружающей среды

				<p>10. Микроскоп МИУ -1 – 2 шт; 11. Микроскоп МИУ-9 1 шт; 12. Газоанализатор УГ-2 – 1 шт; 13. Анемометр ручной - 1 шт; 14. Разновес 4 класс – 1 компл.; 15. Люксметр Ю116 – 1 шт; 16. Титрометр -1 шт; 17. Газоанализатор 102 ФА01М – 1 шт; 18. Газоанализатор ГАИ-1 – 1 шт; 19. Весы ТУР PRL T A13 – 1 шт; 20. Фотокалориметр КФК-2-УХЛ 4.2 – 2 шт; 21. Весы ВЛА-200м – 1 шт; 22. Газоанализатор КВО ОБ020045 – 1 шт; Набор наглядных пособий по дисциплинам направления подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность; Направления подготовки магистратуры 20.04.01 Техносферная безопасность.</p>	
Помещение для самостоятельной работы					
3.	Лаборатория техносферной безопасности; Лаборатория пожарной безопасности.	225 226	10	Учебные наглядные пособия, справочная литература; Моноблок MSI AP 1920-095 RRU; МФУ Canon- SENSYS MF 4430;	Кафедра экологии и защиты окружающей среды
4.	Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования:	225,226			Кафедра экологии и защиты окружающей среды

**Дополнения и изменения в рабочей программе
за _____ / _____ учебный год**

В рабочую программу _____
(наименование дисциплины)

для направления (специальности) _____
(номер направления)

вносятся следующие дополнения и изменения:

Дополнения и изменения внес _____
(должность, Ф.И.О., подпись)

Рабочая программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры

(наименование кафедры)

« ___ » _____ 20__ г.

Заведующий кафедрой _____ (подпись) _____ (Ф.И.О.)