

**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА**

ФАКУЛЬТЕТ НАУК О МАТЕРИАЛАХ

«Утверждаю»
и.о. Декана ФНМ МГУ
акад. РАН К.А. Солнцев
_____ 2015 г.

**Образовательная программа высшего образования -
программа подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре**

**Направление подготовки
04.06.01 ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ**

Направленности (профили)
Неорганическая химия, Аналитическая химия, Органическая химия, Физическая химия, Радиохимия, Химия твердого тела

Квалификация
Исследователь. Преподаватель-Исследователь

Настоящая версия разработана на основе программы аспирантуры, утвержденной 27.06.2014 с учетом изменений в ОС МГУ, внесенных Приказом №831 по МГУ имени М.В.Ломоносова от 31.08.2015г.

Москва 2015

СОДЕРЖАНИЕ

1. Общая характеристика программ аспирантуры по направлению подготовки 04.06.01 Химические науки
2. Учебные планы
3. Календарный учебный график
4. Рабочие программы дисциплин (модулей), включающие фонды оценочных средств (ФОС)
5. Рабочие программы практик
6. Программа научных исследований аспиранта
7. Программа государственной итоговой аттестации аспиранта
8. Методические материалы (Карты компетенций выпускников МГУ)

1. Общая характеристика программы аспирантуры по направлению подготовки 04.06.01 Химические науки

Программы аспирантуры по направлению подготовки 04.06.01 «Химические науки» разработаны на основе Образовательного стандарта, самостоятельно установленного МГУ имени М.В.Ломоносова (далее – ОС МГУ), утвержденного Приказом № 552 от 23.06.2014 г. по МГУ с учетом изменений в ОС МГУ, внесенных Приказом №831 по МГУ от 31.08.2015 г.

Обучение по программам аспирантуры осуществляется в очной форме.

Срок обучения по программе аспирантуры при очной форме обучения – 4 года, общая трудоемкость – 240 зачетных единиц.

Программы аспирантуры по направлению подготовки 04.06.01 «Химические науки», реализуемые на химическом факультете МГУ, имеют следующие направленности (профили) в соответствии с Номенклатурой специальностей научных работников, утвержденной Министерством образования и науки РФ: «Неорганическая химия», «Аналитическая химия», «Органическая химия», «Физическая химия», «Радиохимия», «Химия твердого тела».

Образовательная программа реализуется с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий.

Выпускники программ аспирантуры готовы к выполнению следующих видов профессиональной деятельности:

научно-исследовательская деятельность в области химии в соответствии с направленностью (профилем) подготовки и смежных наук;

преподавательская деятельность в области химии и смежных наук, близких к направленности (профилю) подготовки.

Выпускник, освоивший программу аспирантуры, должен обладать следующими **универсальными компетенциями**:

- способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК-1);
- способность проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки (УК-2);
- готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач (УК-3);
- готовность использовать современные методы и технологии научной коммуникации на государственном и иностранном языке (УК-4);
- способность следовать этическим нормам в профессиональной деятельности (УК-5);
- способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития (УК-6).

Выпускник, освоивший программу аспирантуры, должен обладать следующими **общефессиональными компетенциями** (карты компетенций в Приложении 1):

- способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий (ОПК 1);
- готовностью организовать работу исследовательского коллектива в научной отрасли, соответствующей направлению подготовки (ОПК -2);
- готовность к преподавательской деятельности по образовательным программам высшего образования (ОПК-3).

Выпускник, освоивший программу аспирантуры, должен обладать следующими **профессиональными компетенциями в соответствии с направленностью (профилем) образовательной программы**:

- способностью к самостоятельному проведению научно-исследовательской работы и получению научных результатов, удовлетворяющих установленным требованиям к содержанию диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук по направленности (научной специальности) 02.00.01 Неорганическая химия (ПК-1);
- способностью к самостоятельному проведению научно-исследовательской работы и получению научных результатов, удовлетворяющих установленным требованиям к содержанию диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук по направленности (научной специальности) 02.00.02 Аналитическая химия (ПК-2)
- способностью к самостоятельному проведению научно-исследовательской работы и получению научных результатов, удовлетворяющих установленным требованиям к содержанию диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук по направленности (научной специальности) 02.00.03 Органическая химия (ПК-3);
- способностью к самостоятельному проведению научно-исследовательской работы и получению научных результатов, удовлетворяющих установленным требованиям к содержанию диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук по направленности (научной специальности) 02.00.04 Физическая химия (ПК-4)
- способностью к самостоятельному проведению научно-исследовательской работы и получению научных результатов, удовлетворяющих установленным требованиям к содержанию диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук по направленности (научной специальности) 02.00.14 Радиохимия (ПК-12);
- проведению научно-исследовательской работы и получению научных результатов, удовлетворяющих установленным требованиям к содержанию диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук по направленности (научной специальности) 02.00.21 Химия твердого тела (ПК-16);

2. Учебные планы

Реализация программ аспирантуры осуществляется на основе учебных планов, разрабатываемых и утверждаемых деканом химического факультета МГУ для каждой направленности (профиля) в рамках направления подготовки (Приложение 1).

В соответствии с Порядком разработки, утверждения и реализации программ аспирантуры в МГУ имени М.В.Ломоносова, утвержденного Приказом МГУ №831 от 31.08.2015, на основе учебного плана для каждого обучающегося разрабатывается индивидуальный учебный план (форма индивидуального учебного плана соответствует общему учебному плану с перечнем конкретных дисциплин, указанием сроков их освоения и полученным оценкам).

3. Календарный учебный график

Календарный учебный график отражает организацию образовательного процесса по периодам обучения.

Общая трудоемкость программы аспирантуры составляет 240 зачетных единиц. Трудоемкость каждого учебного года составляет 60 зачетных единиц. В рамках каждого учебного года выделяется 2 семестра: 1-й, 3-й, 5-й и 7-й семестры общей трудоемкостью по 27 зачетных единиц (продолжительность – 18 недель); 2-й, 4-й, 6-й и 8-й семестры общей трудоемкостью по 33 зачетные единицы (продолжительность – 22 недели). Продолжительность каникул составляет ежегодно 11 недель, включая каникулы после ГИА (Приложение 2).

В каждом семестре аспиранту предоставляется возможность параллельного освоения дисциплин (модулей), прохождения педагогической и научно-исследовательской практик, осуществления научных исследований в соответствии с индивидуальным учебным планом обучения.

Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация аспирантов осуществляются в форме зачетов и экзаменов. Продолжительность сессии в 1 - 6-м семестрах составляет по 3 з.е. (2 недели).

4. Рабочие программы дисциплин (модулей), включающие фонды оценочных средств (ФОС)

Рабочие программы дисциплин (модулей) разрабатываются на основе Карт компетенций выпускников (см. п.9) и обеспечивают формирование у обучающихся, в основном, компоненты «знать» требуемых компетенций.

Для всех программ аспирантуры, реализуемых в рамках направления подготовки 04.06.01 «Химические науки», разработаны и утверждены единые рабочие программы следующих дисциплин: «История и философия науки»; «Иностранный язык».

Рабочие программы дисциплин «История и философия науки» и «Иностранный язык» разработаны с учетом требования соответствующих Программ экзаменов кандидатского минимума, утвержденных Министерством образования и науки Российской Федерации (Приложение 3) и обеспечивают обучающимся сдачу указанных экзаменов в рамках промежуточной аттестации.

Рабочие программы дисциплин вариативной части программы аспирантуры по направленности, соответствующей специальности научных работников, разработаны с учетом утвержденной Программы экзамена кандидатского минимума и обеспечивают обучающимся сдачу указанного экзамена в рамках промежуточной аттестации (Приложение 4).

5. Программы практик

Рабочие программы педагогической и исследовательской практик разрабатываются как типовые на основе Карт компетенций выпускников (см. п.9) с целью обеспечения формирования у обучающихся компоненты «уметь» требуемых компетенций. Индивидуализация заданий, оценки, сроков, места прохождения практик осуществляется в рамках индивидуального учебного плана аспиранта (Приложение 5).

6. Программа научных исследований аспиранта

Программа научных исследований разрабатывается как типовая на основе Карт компетенций выпускников (см. п.9) с целью обеспечения обучающимся необходимого опыта деятельности («владеть») и подготовки диссертации на соискание степени кандидата наук. Индивидуализация заданий, оценки, сроков осуществления научных исследований происходит в рамках индивидуального учебного плана аспиранта (Приложение 6).

7. Программа государственной итоговой аттестации.

Государственная итоговая аттестация осуществляется в виде сдачи государственного экзамена для подтверждения готовности аспиранта к преподавательской деятельности и защиты Научного доклада об основных результатах подготовленной научно-квалификационной работы (диссертации) для подтверждения готовности аспиранта к научно-исследовательской деятельности.

Программа государственной итоговой аттестации является типовой для всех программ аспирантуры, реализуемых в рамках направления подготовки 04.06.01 Химические науки. Индивидуализация осуществляется в рамках конкретных предметных областей соответствующих направленностей (профилей) (Приложение 7).

8. Методические материалы (Карты компетенций выпускников программ аспирантуры МГУ)

При разработке рабочих программ дисциплин (модулей), практик, научных исследований, государственной итоговой аттестации используются Карты универсальных, общепрофессиональных и профессиональных компетенций выпускников программ аспирантуры МГУ (Приложение 8).

4. Учебные планы

УЧЕБНЫЙ ПЛАН¹

подготовки научно-педагогических кадров высшей квалификации (аспирантура)

Направление 04.06.01 Химические науки

Срок обучения - 4 года
Форма обучения – очная

Индекс	Наименование элемента образовательной программы	ОБЪЕМ в зачетных единицах	Распределение по периодам обучения (в зачетных единицах)								Промежуточ- ная / итоговая аттестации	Планируе- мые резуль- таты обуче- ния по эле- менту обра- зовательной программы
			1-й семестр	2-й семестр	3-й семестр	4-й семестр	5-й семестр	6-й семестр	7-й семестр	8-й семестр		
Блок 1. Дисциплины (модули)		30										
Базовая часть		9										
1.1	История и философии науки	4	2								Промежуточная аттестация (зачет)	УК-1; УК-2
				2							Промежуточная аттестация (экзамен канди-	

¹ Учебный план составлен на основе Учебного плана подготовки научно-педагогических кадров высшей квалификации (аспирантура), направление подготовки 04.06.01 Химические науки, утвержденного 27.06.2014 г., с учетом изменений в ОС МГУ, внесенных Приказом №831 по МГУ имени М.В.Ломоносова от 31.08.2015 «Об утверждении изменений в самостоятельно устанавливаемые образовательные стандарты МГУ для программ подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре».

											датского минимума)	
1.2	Иностранный язык	5	2								Промежуточная аттестация (зачет)	УК-3, УК-4
				3							Промежуточная аттестация (экзамен кандидата датского минимума)	
Вариативная часть		21										
	Дисциплины в соответствии с направленностью программы, в том числе	21										
1.3	Дисциплины обязательные для всех обучающихся по направленности программы ² :	3				3					Промежуточная аттестация (экзамен кандидата датского минимума)	УК-1; УК-3; УК-5(6); ОПК -2; ОПК-1; ОПК-2; ОПК-3; ПК
1.4	Дисциплины по выбору для обучающихся по направленно-	9									Аттестация (зачет)	УК-1; УК-3; УК-5(6); ОПК-2

² Перечень обязательных дисциплин приведен в Приложении 4 в соответствии с направленностью (профилем) основной образовательной программы, реализуемой на химическом факультете МГУ

	сти программы³:			3							Промежуточная аттестация (зачет)	ОПК-1; ОПК-2; ОПК-3; ПК
					3						Промежуточная аттестация (зачет)	
						3					Промежуточная аттестация (зачет)	
1.5	Общеуниверситетские дисциплины и дисциплины, реализуемые в других организациях, осуществляющих образовательную деятельность	6					6				Промежуточная аттестация (зачет)	УК-1; УК-3; УК-5(6); ОПК-2; ОПК-1; ОПК-2; ОПК-3
1.6	Дисциплина, направленная на подготовку к преподавательской деятельности (по выбору обучающегося) ⁴	3		3							Промежуточная аттестация (зачет)	УК-5(6); ОПК-3
Научно-исследовательская работа и		201	23	22	24	27	21	33	27	24		

³ Аспирант имеет возможность выбирать одну из списка ежегодно обновляемых дисциплин в соответствии с проблематикой и направленностью основной образовательной программы, реализуемой на химическом факультете МГУ (перечень дисциплин по выбору приведен в Приложении к каждому профилю подготовки)

⁴ Аспирант имеет возможность выбирать одну из следующих дисциплин: «Теория и методика обучения фундаментальной и прикладной химии» / «Электронное обучение в деятельности преподавателя» / «Информационно-коммуникационные технологии в образовании» / «Методика преподавания естественнонаучных дисциплин» / «Основы методики обучения на примере дисциплины "Химия"» / «Введение в демонстрационный эксперимент» или другую дисциплину в соответствии с проблематикой и направленностью программы

практики в том числе:												
Блок 2. Практики (вариативная часть)		33	3	3	6	6	6	3	3	3		
2.1	Педагогическая практика	9			3						Промежуточная аттестация (зачет)	УК- 5(6); ОПК-2; ОПК-3
						3					Промежуточная аттестация (зачет)	
							3				Промежуточная аттестация (зачет с оценкой)	
2.2.	Исследовательская практика	24	3								Промежуточная аттестация (зачет)	УК-1; УК-2; УК-3; УК- 5(6); ОПК-2; ПК, СПК
				3							Промежуточная аттестация (зачет)	
					3						Промежуточная аттестация (зачет)	
						3					Промежуточная аттестация (зачет)	

							3				Промежуточная аттестация (зачет)	
								3			Промежуточная аттестация (зачет)	
									3		Промежуточная аттестация (зачет)	
									3		Промежуточная аттестация (зачет с оценкой)	
Блок 3 Научные исследования (вариативная часть)		168	20								Промежуточная аттестация (зачет)	УК-1; УК-2; УК-3; УК-4; УК-5(6); ОПК-1; ОПК-2; ПК, СПК
				19							Промежуточная аттестация (отчет, зачет с оценкой)	
					18						Промежуточная аттестация (отчет, зачет)	
						21					Промежуточная аттестация (отчет, зачет с оценкой)	

							15				Промежуточная аттестация (зачет)	
								30			Промежуточная аттестация (отчет, зачет с оценкой)	
									24		Промежуточная аттестация (зачет)	
										21	Промежуточная аттестация (отчет, зачет с оценкой)	
Государственная итоговая аттестация (базовая часть программы)		9										УК-1; УК-2; УК-5(6); ОПК-1; ОПК-2; ОПК-3
4.1	Государственный экзамен	3								3	Государственная итоговая аттестация (экзамен)	ОПК-3
4.2	Научный доклад об основных результатах подготовленной научно-квалификационной работы (диссертации)	6								6	Государственная итоговая аттестация (Защита научного доклада)	УК-1; УК-2; УК-5(6); ОПК-1, ОПК-2; ПК, СПК
Всего:		240										

Календарный учебный график

Год обучения	Октябрь					Ноябрь				Декабрь				Январь				Февраль				Март				Апрель				май				Июнь				Июль				Август				Сентябрь						
	1-7	8-14	15-21	22-28	29-5	6-12	13-19	20-26	27-2	3-9	10-16	17-23	24-31	1-7	8-14	15-21	22-28	29-4	5-11	12-18	19-25	26-1	2-8	9-15	16-22	23-1	2-8	9-15	16-22	23-29	30-5	6-12	13-19	20-26	27-3	4-10	11-17	18-24	25-30	1-7	8-14	15-21	22-28	29-5	6-12	13-19	20-26	27-2	3-9	10-16	17-23	24-30
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52
I	Т	Т	Т	Т	Т	Т	Т	Т		Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	С	С	К	К	Т	Т	Т	Т	Т	Т	Т	Т	Т	Т	Т	И	И	С	С	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	К	К	К	К	К	К	К	К	К
II	Н	Н	Н	Н	Н	Н	П	П	П	П	П	П	Н	Н	Н	Н	С	С	К	К	Н	Т	Т	Т	Т	Т	Т	Т	Т	Т	Т	С	С	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	К	К	К	К	К	К	К	К	К		
III	Н	Н	Н	Н	Т	Т	Т	Т	Т	Т	Т	Т	Т	Т	Т	Т	С	С	К	К	И	И	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	К	К	К	К	К	К	К	К	К		
IV	И	И	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	С	С	К	К	И	И	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Г	Г	Г	Г	Г	Г	К	К	К	К	К	К	К	К	К	

Сводные данные

		Курс 1	Курс 2	Курс 3	Курс 4	Итого
Т	Дисциплины (модули), базовая часть и вариативная часть	15	9	6		30
И	Исследовательская практика	6	6	6	6	24
К	Каникулы					
П	Педагогическая практика		6	3		9
Н	Научно-исследовательская работа	39	39	45	45	168
Г	Государственная итоговая аттестация				9	9
Итого		60	60	60	60	240

Рабочие программы дисциплин базовой части Блока 1 «Дисциплины»

Рабочая программа дисциплины (модуля)

1. Код и наименование дисциплины (модуля): **История и философия науки.**
2. Уровень высшего образования – подготовка научно-педагогических кадров в аспирантуре.
3. Направление подготовки: 04.06.01 Химические науки.
4. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП: базовая часть ООП, обязателен для освоения на первом году обучения.
5. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

Формируемые компетенции (код компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)
УК-1	<i>31 (УК-1) Знать:</i> методы критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методы генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях
УК-2	<i>31(УК-2) Знать:</i> методы научно-исследовательской деятельности <i>32(УК-2) Знать:</i> Основные концепции современной философии науки, основные стадии эволюции науки, функции и основания научной картины мира <i>У1(УК-2) Уметь:</i> использовать положения и категории философии науки для анализа и оценивания различных фактов и явлений <i>В1(УК-2) Владеть:</i> навыками анализа основных мировоззренческих и методологических проблем, в т.ч. междисциплинарного характера, возникающих в науке на современном этапе ее развития <i>В2(УК-2) Владеть:</i> технологиями планирования в профессиональной деятельности в сфере научных исследований

6. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся:

Объем дисциплины (модуля) составляет 4 зачетных единицы, всего 144 часа, из которых 108 часов составляет контактная работа аспиранта с преподавателем (72 часа занятия лекционного типа, 36 часов занятия семинарского типа (семинары, научно-практические занятия, лабораторные работы и т.п.), 2 часа групповые консультации, 0 часов индивидуальные консультации, 0 часов мероприятия текущего контроля успеваемости, 0 мероприятия промежуточной аттестации), 36 часов составляет самостоятельная работа аспиранта.

7. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия.

ЗНАТЬ: основные направления, проблемы, теории и методы философии, содержание современных философских дискуссий по проблемам общественного развития.

УМЕТЬ: формировать и аргументированно отстаивать собственную позицию по различным проблемам философии; использовать положения и категории философии для оценивания и анализа различных социальных тенденций, фактов и явлений.

ВЛАДЕТЬ: навыками восприятия и анализа текстов, имеющих философское содержание, приемами ведения дискуссии и полемики, навыками публичной речи и письменного аргументированного изложения собственной точки зрения.

8. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических или астрономических часов и виды учебных занятий

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе								
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них					Самостоятельная работа обучающегося, часы из них			
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Групповые консультации	Индивидуальные консультации	Учебные занятия, направленные на проведение текущего контроля успеваемости коллоквиумы, практические контрольные занятия и др)*	Всего	Выполнение домашних заданий	Подготовка рефератов и т.п.	Всего
Тема 1: <u>Обзор истории науки</u> : Связь истории и философии науки. Характерные черты научного знания. Структура и динамика научного знания. Классификация наук. Проблема возникновения науки. Обзор истории науки от древнейших времен до настоящего времени. Особенности современной науки и	22	14	6				20	2		2

перспективы на будущее.										
Тема 2: <u>Современная философия науки (Часть 1). Философия науки XIX – начала XX веков: Позитивизм, прагматизм и трансцендентализм.</u>	24	14	6				20	4		4
Тема 3: <u>Современная философия науки (Часть 2). Философия науки середины XX века: Постпозитивизм (Поппер, Кун, Лакатос, Фейерабенд и др.). Герменевтика, структурализм и постструктурализм, неомарксизм. Постмодернизм в философии науки.</u>	26	14	8				22	4		4
Тема 4: <u>Современная философия науки (Часть 3). Философия науки второй половины XX – начала XXI веков: Эволюционная эпистемология. Социальная эпистемология. Социология науки (SS), социология научного знания (SSK) и</u>	26	14	8				22	4		4

исследования науки и технологии (STS). Современные споры в философии науки.										
Тема 5: <u>Философские проблемы конкретной научной дисциплины</u> (математики, физики, биологии, химии, техники и т.п., в соответствии со спецификой факультета).	28	16	8				24	4		4
<u>Подготовка и защита реферата по истории и философии конкретной научной дисциплины.</u>	18								18	18
Промежуточная аттестация: экзамен (указывается форма проведения)**										
Итого	144	72	36				108	18	18	36

9. Ресурсное обеспечение

- Перечень основной и дополнительной учебной литературы:
 1. Степин В.С. Философия науки: общие проблемы. М., 2006.
 2. Современные философские проблемы естественных, технических и социально-гуманитарных наук / Под ред. В.В. Миронова. М., 2006.
 3. Энциклопедия эпистемологии и философии науки / Под ред. И.Т. Касавина. М., 2009.
 4. The Cambridge History of Science / General editors – David C. Lindberg, Ronald L. Numbers. In 8 vol. Vol.3: Early Modern Science (2006); Vol.4: Eighteen-Century Science (2003); Vol.5: The Modern Physical and Mathematical Sciences (2002); Vol.6: The Modern Biological and Earth Sciences (2009); Vol.7: The Modern Social Sciences (2003).
 5. Science and Its Times: Understanding the Social Significance of Scientific Discovery / Editors – Neil Schlager, Josh Lauer. The Gale Group, 2000-2001. Vol.1-7.
 6. Кузнецова Н.И. Проблема возникновения науки // Философия и методология науки / Под ред. В.И. Купцова. М., 1996. Гл. 2 (С. 38-56).
 7. Кузнецова Н.И. Статус и проблемы истории науки // Философия и методология науки / Под ред. В.И. Купцова. М., 1996. Гл. 15 (С. 333-361).
 8. Прайс Д. Малая наука, большая наука // Наука о науке / Под ред. В.Н. Столетова. М., 1996. С. 281-384.
 9. Gibbons M. et al. The New Production of Knowledge. London: Sage, 1994.
 10. Конт О. Дух позитивной философии. М., 2011.
 11. Милль Д.С. Система логики силлогистической и индуктивной. М., 2011.
 12. Авенариус Р. Критика чистого опыта (в популярном изложении А. Луначарского). М., 2008.
 13. Мах Э. Анализ ощущений и отношение физического к психическому. М., 2005.
 14. Джеймс У. Существует ли сознание? Мир чистого опыта. // Джеймс У. Воля к вере. М., 1997. С. 359-393.
 15. Крафт В. Венский кружок: Возникновение неопозитивизма. М., 2003.
 16. Карнап Р., Ганн Г., Нейрат О. Научное миропонимание – Венский кружок // Журнал "Erkenntnis": Избранное. М., 2006. С. 57-74. Или: Аналитическая философия: Учебное пособие. / Под ред. М.В. Лебедева и А.З. Черняка. М., 2006. С. 157-177.
 17. Карнап Р. Преодоление метафизики логическим анализом языка // Вестник МГУ. Серия «Философия». 1993. № 6. С. 11-26. Или: Аналитическая философия: Становление и развитие. Антология / Составитель А.Ф. Грязнов. М., 1998. С. 69-89.
 18. Карнап Р. Кантовские синтетические априорные суждения // Карнап Р. Философские основания физики. Введение в философию науки. М., 1971. Гл. 18 (С.241-250).

19. Пирс Ч. Начала прагматизма / Пер. В.В.Кирющенко и М.В.Колопотина. СПб., 2000.
20. <Peirce Ch.> Philosophical Writings of Peirce / Selected and ed. by J. Buchler. NY., 1955.
21. Витгенштейн Л. Философские исследования // Витгенштейн Л. Философские работы. Часть 1. М., 1994. С. 75-319.
22. Сокулер З.А. Философия науки Канта и неокантианства // Философия науки / Под ред. А.И. Липкина. М., 2007. Часть 1, гл. 2 (С. 36-72).
23. Штрёкер Э. Гуссерлевская идея феноменологии как обосновывающей теории науки // Современная философия науки: Учебная хрестоматия / Составитель А.А. Печенкин. 2-е изд. М., 1996. С. 376-392.
24. Гуссерль Э. Кризис европейских наук и трансцендентальная феноменология. СПб., 2004.
25. Апель К.-О. Трансформация философии. М., 2001.
26. Davidson D. Subjective, Intersubjective, Objective. Oxford, 2001.
27. Куайн У. Онтологическая относительность // Современная философия науки. М., 1996. С. 40-61.
28. Куайн У. Две догмы эмпиризма // Куайн У. Слово и объект. М., 2000. С. 342-367. Или в другом переводе: Куайн У. С точки зрения логики. М., 2010. С. 45-80.
29. Поппер К. Логика и рост научного знания: Избранные работы. М., 1983.
30. Кун Т. Структура научных революций. М., 1977.
31. Кун Т. Логика открытия или психология исследования? // Философия науки. Вып.3. М.: ИФРАН, 1997. С. 20-48.
32. Кун Т. После «Структуры научных революций». М., 2014.
33. Поппер К. Нормальная наука и опасности, связанные с ней // Философия науки. Вып.3. М.: ИФРАН, 1997. С. 49-58.
34. Лакатос И. Фальсификация и методология научно-исследовательских программ. М., 1995.
35. Фейерабенд П. Избранные труды по методологии науки. М., 1986.
36. Фейерабенд П. Как защитить общество от науки / Вст. статья: Кузнецова Н.И. Неопознанный Фейерабенд // Эпистемология и философия науки, 2005. № 1. С. 210-228.
37. Полани М. Личностное знание. М., 1985.
38. Сокулер З.А. Специфика гуманитарных наук // Философия науки / Под ред. А.И. Липкина. М., 2007. Часть 1, гл. 9 (С. 287-316).
39. Фуко М. Слова и вещи. М., 1977.
40. Лиотар Ж.-Ф. Состояние постмодерна. М., СПб., 1998.
41. Хоркхаймер М., Адорно Т. Диалектика Просвещения. М.-СПб., 1997.
42. Хоркхаймер М. Затмение разума: К критике инструментального разума. М., 2011.
43. Хабермас Ю. Техника и наука как «идеология». М., 2007.
44. Лоренц К. Кантовская концепция а priori в свете современной биологии // Эволюция. Язык. Познание. / Отв. ред. И.П. Меркулов. М., 2000. С. 15-41. Или: Человек. 1997. № 5.

45. Кэмпбелл Д. Эволюционная эпистемология // Эволюционная эпистемология и логика социальных наук: Карл Поппер и его критики. М., 2000. С. 92-146.
46. Поппер К. Эволюционная эпистемология // Эволюционная эпистемология и логика социальных наук: Карл Поппер и его критики. М., 2000. С. 57-74.
47. Фоллмер Г. Эволюционная теория познания. М., 1998.
48. Кезин А., Фоллмер Г. Современная эпистемология: натуралистический поворот. Севастополь, 2004.
49. Эволюционная эпистемология: Антология / Под ред. Е.Н.Князевой. М.-СПб., 2012.
50. Шеффер Ж.-М. Конец человеческой исключительности. М., 2010.
51. Флек Л. Возникновение и развитие научного факта. М., 1999.
52. Bucchi M. Science in Society: An Introduction to Social Studies of Science. London, 2004.
53. Мертон Р. Наука и демократическая социальная структура // Мертон Р. Социальная теория и социальная структура. М., 2006. Гл. 18 (С. 767-781).
54. Mitroff I. Norms and Counternorms in Select Group of the Apollo Moon Scientists: A Case Study of the Ambivalence of Scientists // American Sociological Review. Vol. 39. № 4 (Aug. 1974), pp. 579-595.
55. Merton R.K. The Matthew Effect in Science // Science. Vol. 159. № 3810 (Jan. 5, 1968), pp. 56-63.
56. Мертон Р. Эффект Матфея в науке, II: Накопление преимуществ и символизм интеллектуальной собственности // Thesis, 1993, вып. 3, с. 256-276.
57. Малкей М. Наука и социология знания. М., 1983.
58. Хакинг Я. Представление и вмешательство. М., 2001.
59. Блур Д. Сильная программа в социологии знания // Логос. № 5-6 (35). 2002. С. 1-24.
60. Блур Д. Возможна ли альтернативная математика? // Социология власти. № 6-7. 2012. С. 150-177.
61. Bloor D. Knowledge and Social Imagery. London, 1976.
62. Моркина Ю.С. Социальная теория познания Д. Блура: истоки и философский смысл. М., 2012.
63. Социальная эпистемология: идеи, методы, программы / Под ред. И.Т. Касавина. М., 2010.
64. Латур Б., Вулгар С. Лабораторная жизнь. Глава 2: Антрополог посещает лабораторию // Социология власти. № 6-7. 2012. С. 178-234.
65. Латур Б. Дайте мне лабораторию, и я переверну мир // Логос. № 5-6 (35). 2002. С. 211-242.
66. Социология вещей / Под ред. В. Вахштайна. М., 2006.
67. Онтологии артефактов / Под ред. О.Е. Столяровой. М., 2012.

68. Сокулер З.А. Артефакты в онтологическом и эпистемологическом измерении // Актуальные проблемы онтологии и теории познания / Под ред. В.В. Миронова. М., 2012. С. 101-121.
69. Латур Б. Нового Времени не было. Эссе по симметричной антропологии. СПб., 2006.
70. Латур Б. Наука в действии. СПб., 2013.
71. Латур Б. Пересборка социального. М., 2014.

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Stanford Encyclopedia of Philosophy <http://plato.stanford.edu/>

The Internet Encyclopedia of Philosophy (IEP) <http://www.iep.utm.edu/>

Новая философская энциклопедия <http://iph.ras.ru/enc.htm>

10. Язык преподавания - русский

11. Преподаватели:

К.ф.н. доцент Киселев В.Н.,

К.ф.н., доцент Сидорова Н.М.,

К.ф.н. доцент Шапошников В.А.

Оценочные средства, необходимые для оценки результатов обучения

1. Планируемые результаты обучения для формирования компетенций п.5 и соответствующие им критерии оценивания приведены в Приложении 8.

2. Программа экзамена кандидатского минимума по дисциплине «История и философия науки»

Все сдающие этот экзамен должны освоить содержание первой части Программы "Основы философии науки", а также вторую часть Программы, которая относится к химическим наукам.

Часть I. Основы философии науки

1. Наука в культуре современной цивилизации

Традиционалистский и техногенный типы цивилизационного развития и их базисные ценности. Ценность научной рациональности.

Наука и философия. Наука и искусство. Роль науки в современном образовании и формировании личности. Функции науки в жизни общества (наука как мировоззрение, как производительная и социальная сила).

2. Возникновение науки и основные стадии её исторической эволюции

Преднаука и наука в собственном смысле слова. Две стратегии порождения знаний: обобщение практического опыта и конструирование теоретических моделей, обеспечивающих выход за рамки наличных исторически сложившихся форм производства и обыденного опыта.

Культура античного полиса и становление первых форм теоретической науки. Античная логика и математика. Развитие логических норм научного мышления и организаций науки в средневековых университетах. Роль христианской теологии в изменении созерцательной позиции ученого: человек творец с маленькой буквы; манипуляция с природными объектами – алхимия, астрология, магия. Западная и восточная средневековая наука.

Становление опытной науки в новоевропейской культуре. Формирование идеалов математизированного и опытного знания: оксфордская школа, Роджер Бэкон, Уильям Оккам. Предпосылки возникновения экспериментального метода и его соединения с математическим описанием природы. Г. Галилей, Френсис Бэкон, Р. Декарт. Мировоззренческая роль науки в новоевропейской культуре. Социокультурные предпосылки возникновения экспериментального метода и его соединения с математическим описанием природы.

Формирование науки как профессиональной деятельности. Возникновение дисциплинарно-организованной науки. Технологические применения науки. Формирование технических наук.

Становление социальных и гуманитарных наук. Мировоззренческие основания социально-исторического исследования.

3. Структура научного знания

Научное знание как сложная развивающаяся система. Многообразие типов научного знания. Эмпирический и теоретический уровни, критерии их различения. Особенности эмпирического и теоретического языка науки.

Структура эмпирического знания. Эксперимент и наблюдение. Случайные и систематические наблюдения. Применение естественных объектов в функции приборов в систематическом наблюдении. Данные наблюдения как тип эмпирического знания. Эмпирические зависимости и эмпирические факты. Процедуры формирования факта. Проблема теоретической нагруженности факта.

Структуры теоретического знания. Первичные теоретические модели и законы. Развитая теория. Теоретические модели как элемент внутренней организации теории. Ограниченность гипотетико-дедуктивной концепции теоретических знаний. Роль конструктивных методов в дедуктивном развертывании теории. Развертывание теории как процесса решения задач. Парадигмальные образцы решения задач в составе теории. Проблемы генезиса образцов. Математизация теоретического знания. Виды интерпретации математического аппарата теории.

Основания науки. Структура оснований. Идеалы и нормы исследования и их социокультурная размерность. Система идеалов и норм как схема метода деятельности.

Научная картина мира. Исторические формы научной картины мира. Функции научной картины мира (картина мира как онтология, как форма систематизации знания, как исследовательская программа).

Операциональные основания научной картины мира. Отношение онтологических постулатов науки к мировоззренческим доминантам культуры.

Философские основания науки. Роль философских идей и принципов в обосновании научного знания. Философские идеи как эвристика научного поиска. Философское обоснование как условие включения научных знаний в культуру.

4. Динамика науки как процесс порождения нового знания

Историческая изменчивость механизмов порождения научного знания. Взаимодействие оснований науки и опыта как начальный этап становления новой дисциплины. Проблема классификации. Обратное воздействие эмпирических фактов на основания науки.

Формирование первичных теоретических моделей и законов. Роль аналогий в теоретическом поиске. Процедуры обоснования теоретических знаний. Взаимосвязь логики открытия и логики обоснования. Механизмы развития научных понятий.

Становление развитой научной теории. Классический и неклассический варианты формирования теории. Генезис образцов решения задач.

Проблемные ситуации в науке. Перерастание частных задач в проблемы. Развитие оснований науки под влиянием новых теорий.

Проблема включения новых теоретических представлений в культуру.

5. Научные традиции и научные революции. Типы научной рациональности

Взаимодействие традиций и возникновение нового знания. Научные революции как перестройка оснований науки. Проблемы типологии научных революций. Внутридисциплинарные механизмы научных революций. Междисциплинарные взаимодействия и "парадигмальные прививки" как фактор революционных преобразований в науке. Социокультурные предпосылки глобальных научных революций. Перестройка оснований науки и изменение смыслов мировоззренческих универсалий культуры. Прогностическая роль философского знания. Философия как генерация категориальных структур, необходимых для освоения новых типов системных объектов.

Научные революции как точки бифуркации в развитии знания. Нелинейность роста знаний. Селективная роль культурных традиций в выборе стратегий научного развития. Проблема потенциально возможных историй науки.

Глобальные революции и типы научной рациональности. Историческая смена типов научной рациональности: классическая, неклассическая, постнеклассическая наука.

6. Особенности современного этапа развития науки. Перспективы научно-технического прогресса

Главные характеристики современной, постнеклассической науки. Современные процессы дифференциации и интеграции наук. Связь дисциплинарных и проблемно-ориентированных исследований. Освоение саморазвивающихся "синергетических" систем и новые стратегии научного поиска. Роль нелинейной динамики и синергетики в развитии современных представлений об исторически развивающихся системах. Глобальный эволюционизм как синтез эволюционного и системного подходов. Глобальный эволюционизм и современная научная картина мира. Сближение идеалов естественнонаучного и социально-гуманитарного познания. Осмысление связей социальных и внутринаучных ценностей как условие современного развития науки. Включение социальных ценностей в процесс выбора стратегий исследовательской деятельности. Расширение этоса науки. Новые этические проблемы науки в конце XX столетия. Проблема гуманитарного контроля в науке и высоких технологиях. Экологическая и социально-гуманитарная экспертиза научно-технических про-

ектов. Кризис идеала ценностно-нейтрального исследования и проблема идеализированной науки. Экологическая этика и ее философские основания. Философия русского космизма и учение В.И. Вернадского о биосфере, техносфере и ноосфере. Проблемы экологической этики в современной западной философии (Б. Калликот, О. Леопольд, Р. Аттфильд).

Постнеклассическая наука и изменение мировоззренческих установок техногенной цивилизации. Сциентизм и антисциентизм. Наука и паранаука. Поиск нового типа цивилизационного развития и новые функции науки в культуре. Научная рациональность и проблема диалога культур. Роль науки в преодолении современных глобальных кризисов.

7. Наука как социальный институт

Различные подходы к определению социального института науки. Историческое развитие институциональных форм научной деятельности. Научные сообщества и их исторические типы (республика ученых 17 века; научные сообщества эпохи дисциплинарно организованной науки; формирование междисциплинарных сообществ науки XX столетия). Научные школы. Подготовка научных кадров. Историческое развитие способов трансляции научных знаний (от рукописных изданий до современного компьютера). Компьютеризация науки и ее социальные последствия. Наука и экономика. Наука и власть. Проблема секретности и закрытости научных исследований. Проблема государственного регулирования науки.

Часть II.

1. Понимание пространства и времени в химии сравнительно с другими науками (физикой, математикой, науками о Земле и т. д.). Статистическая интерпретация химического времени Л. Больцманом.

2. Онтологическая специфика химии в группе естественных наук. Системы базисных индивидов в химии и их сравнение с физическими.

3. Построение гносеологической системы в химии сравнительно с другими науками (физикой, математикой, науками о Земле и т. д.). Фундаментальные законы природы и экспериментальные обобщения.

4. Смена парадигм химического знания. Проблема применимости теории научных революций Т. Куна к химии. Интегративные и диссипативные тенденции развития химии в наши дни.

5. Конструктивистская модель в химии. Проблемы различных химических дисциплин, выявленные конструктивизмом.

6. Научный язык в химии (ведение записей эксперимента, публикации в научных изданиях, конференции и т. д.). Химическая семиотика и семантика химических знаков.

7. Проблема понимания результатов химического эксперимента. Индивидуальное и коллективное познание в химии. Компьютерный эксперимент.

8. Взаимодействие науки, техники и технологий в химии.

9. Химическая синергетика и философия неравновесной Вселенной. Химическая эволюция.

10. Химия и общество. Этические аспекты химии и биохимии.

11. Глобальные экологические проблемы человечества и химия. Горизонты применения химии: продление жизни, получение искусственных продуктов, альтернативная энергетика и т. д.

3. Примеры вопросов на экзамене

1. *Догреческий период в истории науки (I): Каменный век.* Проблема возникновения науки. Отличительные черты научного знания. Существовала ли наука в каменном веке? (Характерные археологические находки.) Какие науки самые древние? Медицинские знания и технологии. Археoaстрономия и протоматематика.
2. *Догреческий период в истории науки (II): Наука периода древних царств* (на примере Древней Месопотамии). Наблюдение и сбор данных, прогноз и рецепты. Апелляция к авторитету как способ обоснования рецепта. Медицина и религия. Астрономия и астрология. Почему дивинация и магия не науки?
3. *Древнегреческая наука (I): математика.* Греческий полис и агональный дух. Афины и Александрия как научные центры. Критическая аргументация и способы обоснования знания. Античная математика: пифагорейский квадривиум и «Начала» Евклида.
4. *Древнегреческая наука (II): физика и логика.* Физиология и концепция элементов. Античный космос. Появление логики и теория научного доказательства у Аристотеля. Классификация наук у Аристотеля. Физика и биология Аристотеля.
5. *Древнегреческая наука (III): медицина и астрономия.* Греческая медицина: клятва Гиппократов, гуморальная теория. Гален как врач и методолог науки. Геометрия как образец науки. Греческая астрономия и задача «спасения явлений» от Евдокса до Птолемея. Математизация астрономии и географии.
6. *Наука в средние века (I): христианство и наука.* Специфика христианства и двойственность его роли в развитии науки. Символическое истолкование «книги природы». Антиматематизм Евангелия и образ Бога-геометра. Науки в контексте библейской экзегетики.
7. *Наука в средние века (II): наука у арабов и в позднем европейском средневековье.* Цикл семи свободных искусств. Роль и место научной деятельности в Арабском халифате. Средневековые европейские университеты и монашеские ордена. Францисканство и научная методология Оксфордской школы (Р. Гроссетест и Р. Бэкон).

8. *Наука в эпоху Возрождения и научная революция XVII века (I): разрушение антично-средневекового иерархического космоса.* Гуманизм и секуляризация. Роль реформации и контрреформации для истории науки. Отказ от геоцентризма и признание бесконечности мира. Великие географические открытия.
9. *Наука в эпоху Возрождения и научная революция XVII века (II): становление классической научной рациональности.* От созерцания и мысленного эксперимента к эксперименту реальному. «Книга природы написана на языке математики» (Г.Галилей). Отличия новой математики от античной. Натуральная философия И. Ньютона.
10. *Эпоха Просвещения и наука.* Возникновение и роль Академий наук. Культ научного разума и романтическая реакция на него. Развитие механики и механицизм. Широкое развитие математического анализа. Применение математики и основной тео-космо-антропологический треугольник. Классификация наук в Энциклопедии Дидро и Даламбера. Выделение из естественной истории ряда наук – биологии, геологии, химии.
11. *Наука в XIX – XX веках: математика.* Промышленная революция и изменение статуса науки в обществе. Вера в прогресс науки. Разрушение космо-тео-антропологического треугольника. Отделение чистой математики от прикладной. Новая математика: абстрактная алгебра, неевклидовы геометрии, формальный аксиоматический метод, математическая логика. Обоснование математического анализа и теория множеств как универсальная основа математики.
12. *Наука в XIX – XX веках: естествознание. Особенности современной науки.* Новая физика: теория относительности и квантовая механика. Новая биология: эволюционная теория и генетика. Классификация наук на рубеже XIX-XX веков. Переход к «большой науке». Переход к «технонауке» (Mode 2).

Примеры вопросов по концепциям современной философии науки

Тема 2

1. *Три этапа развития позитивизма. Позитивизм I: О. Конт:* закон трех стадий, феноменализм, роль философии на позитивном этапе, классификация наук. Наука и религия человечества.
2. *Позитивизм I (продолжение): Милль и Спенсер.* Дж. Ст. Милль: индуктивная логика и критика силлогизма; последовательно эмпирическая концепция математики. Универсальный эволюционизм Г. Спенсера.
3. *Позитивизм II: Эмпириокритицизм Р. Авенариуса и Э. Маха.* Критика опыта и чистый опыт. Интроекция и концепция нейтральных элементов опыта. Радикальный эмпиризм У. Джеймса: критика удвоения мира. Функционализм в понимании отношений элементов опыта. Дескриптивизм науки. Принцип экономии мышления.
4. *Конвенционализм: А. Пуанкаре и П. Дюгем.* Умеренный конвенционализм. Статус аксиом геометрии. Описание вместо объяснения. Принцип простоты. Соотношение эмпирического и теоретического в естествознании. Холистический тезис Дюгема-Квайна.

5. *Позитивизм III: Логический позитивизм Венского кружка*. Пересмотр кантовской классификации суждений. Бессмысленность метафизики и формально-языковой характер математики. Проблема верификации эмпирических суждений.
6. *Прагматизм: Ч. Пирс*. Фаллибизм и принцип «do not block the way of inquiry!». Теория закрепления убеждений. Прагматистские концепции опыта и практики, прагматистская максима. Переосмысление познания по принципу «вытаскивания на поверхность» (бихевиористский принцип).
7. *Философия языка позднего Л. Витгенштейна и прагматизм. Прагматистский эмпиризм У. Куайна*. Значение языкового выражения есть его употребление. Остенсивные определения и проблема радикального перевода (Л. Витгенштейн и У. Куайн). Традиции и новации в языке. Проблема следования языковому правилу и «семейные сходства». Язык как многообразие языковых игр. Прагматическая надежность естественного языка по Витгенштейну. Две догмы логического позитивизма и прагматический характер их критики у Куайна. Эмпиризм без догм по Куайну.
8. *Трансцендентализм и философия науки (I): Кант и неокантианство*. Понятие трансцендентального субъекта (Декарт и Кант). Идея активного конструирования предмета познания и концепция априорного знания у И. Канта. Проблема трансцендентального обоснования научного знания. Трансцендентальная философия науки неокантианства (Г. Коген).
9. *Трансцендентализм и философия науки (II): Э. Гуссерль и К.-О. Апель*. Основные идеи феноменологии Э. Гуссерля. Кризис европейских наук и концепция жизненного мира. Социокультурная переинтерпретация трансцендентальных условий. Трансцендентальная прагматика К.-О. Апеля. Отказ от картезианского понимания субъекта и «триангуляция» по Д. Дэвидсону.

Тема 3.

1. *Постпозитивизм (I): критический рационализм К. Поппера*. Спор с логическим позитивизмом о предмете и методе философии. Различение психологии открытия и логики научного исследования. Проблема Канта, проблема Юма и их решение Поппером. Принцип фальсифицируемости.
2. *Постпозитивизм (II): концепция развития науки Т. Куна*. Понятие парадигмы. Допарадигмальное состояние и нормальная наука. Научная революция как смена парадигм. Критика кумулятивизма и тезис о несоизмеримости парадигм. Полемика Кун – Поппер.
3. *Постпозитивизм (III): утонченный фальсификационизм и концепция научно-исследовательских программ И. Лакатоса*.
4. *Постпозитивизм (IV): анархизм П. Фейерабенда*. Принцип пролиферации теорий. Критика концепций Т. Куна и И. Лакатоса. Опасности, угрожающие обществу со стороны науки, и способы борьбы с ними.
5. *Герменевтика: эволюция и основные принципы герменевтического метода*. Проблема интерпретации в науке. Понимание как универсальная проблема (Г.-Г. Гадамер, Э.Бетти). Герменевтические проблемы в научном познании.
6. *Марксистская трактовка науки и неомарксизм*. Критика Просвещения Франкфуртской школой. Ю. Хабермас: техника и наука как «идеология».
7. *Структурализм: основные идеи и их преломление в философии науки (на примере концепции научного знания М. Фуко)*. Постмодернистская философия науки. «Децентрация» и проблема истины в познании.

Тема 4.

1. *Натуралистический поворот.* Социокультурная и биологическая укорененность сознания и установка натурализма. Натурализация эпистемологии по У. Куайну.
2. *Эволюционная эпистемология.* Биологическое априори К. Лоренца. Прогресс науки как естественный отбор теорий и концепция третьего мира объективного знания (К. Поппер). Адапционистская и конструктивистская тенденции в рамках эволюционной эпистемологии. Радикальный конструктивизм в эпистемологии. Аутопоззис.
3. Влияние общества на развитие науки. Социальная эпистемология и ее разновидности. Социология науки (SS), социология научного знания (SSK) и исследования науки и технологии (STS).
4. *Институциональная социология науки: концепция «этоса науки» Р. Мертона и ее критика.* Научные нормы Р.Мертсона и контр-нормы Я.Митроффа. «Эффект Матфея» и другие институциональные особенности поведения научного сообщества.
5. *Сильная программа в социологии научного знания (Д. Блур).* Четыре принципа, определяющие сильную программу. Poleмика между К. Поппером и Т. Куном в свете социальной образности. Натурализм Д. Блура и его подход к математике. Проблема альтернативных математик.
6. Социальная эпистемология: "умеренная" версия Э. Голдмана. "Веритистский" подход к науке и его отличие от "сильной программы" Д. Блура.
7. *Материальный поворот в философии науки: Б. Латур.* Корректировка социального конструктивизма и концепция гибридности объектов науки. Акторно-сетевая теория и философия науки.

Философия химии

1. Происхождение термина «химия». С какого момента можно говорить о возникновении химии как науки?
2. Представление о веществе в философии. Что такое «трансмутация», «элементы-принципы»? История перехода от алхимии к химии.
3. Химическая революция XVIII века. Роль периодического закона элементов в развитии химии и физики.
4. Химическая проблематика в текстах философов-классиков.
5. Философия химии: возникновение и развитие новой дисциплины. Статус философии химии в рамках философии науки.
6. Онтология в химии: сложности определения термина «вещество». Возникновение и развитие интерпретаций химической связи.
7. Проблема сводимости (редукции) химии к физике. Аргументы за и против.
8. Понятие закона в науке. Формулировка законов в химии. Возможно ли аксиоматическое построение химии?
9. Модели различного уровня и специфика научного объяснения в химии. Роль химических моделей в химических исследованиях.
10. Этические аспекты науки. Особенности этики химических исследований.

Методические материалы для проведения процедур оценивания результатов обучения

Экзамену кандидатского минимума предшествует подготовка рефератат. Кандидатский экзамен проводится по билетам, каждый из которых включает теоретические вопросы. На экзамене, проводимом в форме индивидуального собеседования, проверяется степень сформированности систематических представлений о методах научно-исследовательской деятельности, основных концепциях современной философии науки, основанных стадиях эволюции науки, функциях и основаниях научной картины мира (компетенции 31 и 32 (УК-2)). Достижение результатов обучения (коды У1 (УК-2) и В1 (УК-2) проверяется при оценке реферата и, частично, в ходе экзамена (У1 УК-2).

Рабочая программа дисциплины (модуля)

1. Код и наименование дисциплины (модуля): **Иностранный язык.**
2. Уровень высшего образования – подготовка научно-педагогических кадров в аспирантуре.
3. Направление подготовки: 04.06.01 Химические науки.
4. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП: базовая часть ООП, обязателен для освоения на первом году обучения.
5. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

Формируемые компетенции (код компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)
УК-3	31 (УК-3) Знать особенности представления результатов научной деятельности в устной и письменной форме при работе в российских и международных исследовательских коллективах
УК-4	В1 (УК-4) Владеть навыками анализа научных текстов на государственном и иностранном языках В2 (УК-4) Владеть навыками критической оценки эффективности различных методов и технологий научной коммуникации на государственном и иностранном языках В3 (УК-4) Владеть различными методами, технологиями и типами коммуникаций при осуществлении профессиональной деятельности на государственном и иностранном языках У1 (УК-4) Уметь следовать основным нормам, принятым в научном общении на государственном и иностранном языках 31 (УК-4) Знать методы и технологии научной коммуникации на государственном и иностранном языках

6. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся:

Объем дисциплины (модуля) составляет 5 зачетных единицы, всего 180 часов, из которых 50 часов составляет контактная работа аспиранта с преподавателем (50 часов занятия семинарского типа (семинары, лабораторные работы), 40 часов мероприятия текущего контроля успеваемости, 10 мероприятия промежуточной аттестации), 80 часов составляет самостоятельная работа аспиранта.

7. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических или астрономических часов и виды учебных занятий

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины	Всего (час)	Контактная работа (час)		Самостоятельная работа (час)
		Семинары		
The Wonders of Chemistry Revision of Tenses	16	6	4	6
The Wonders of Chemistry The Passive Voice	16	6	4	6
The Wonders of Chemistry Sequence of Tenses	16	6	4	6
The Wonders of Chemistry Modal Verbs and their equivalents	16	6	4	6
The Wonders of Chemistry Infinitive, Gerund, Participle	22	8	8	6
The Wonders of Chemistry Complex Object, Complex Subject. Participle and Gerundial Constructions	16	6	4	6
The Wonders of Chemistry Subjunctive Mood, Emphatic Constructions. Suppositional Mood	16	6	4	6
The Wonders of Chemistry Incomplete Clauses with Participle.	14	4	4	6
The Wonders of Chemistry Emphatic Constructions	12	2	4	6
Промежуточная аттестация	36		10	26

8. Ресурсное обеспечение:

Учебник "Streamline" (Departures), (авт. B.Hartley, P.Viney, England, Oxford University Press, 1985г)

Пособие "Chemistry & Chemical Technology" (авт. Фабрикант М.Л., Иршинская М.Г., Москва, Изд-во лит-ры на ин. языках, 1985г)

Интернет-ресурсы

1. Электронный учебник "The World of Chemistry" для студентов.
2. Газеты на английском языке
3. Статьи по профилю «Химия» на английском языке

9. Язык преподавания – английский

10. Преподаватели:

к.п.н., доцент, заведующая кафедрой, Кутепова Маргарита Михайловна

к.п.н., доцент, Биккулова Гульнара Раилевна

старший преподаватель, Александрова Ольга Юрьевна

старший преподаватель, Андреева Ольга Корнеевна

старший преподаватель, Буданова Галина Андреевна

к.х.н., старший преподаватель, Даминова Софья Оскаровна

старший преподаватель, Зотова Екатерина Львовна
старший преподаватель, Конельская Елена Александровна
к.ф.н., доцент, Марьяновская Ольга Викторовна
старший преподаватель, Паевский Евгений Нестерович
учебный мастер, Петрякова Анна Сергеевна
старший преподаватель, Рогоцкая Ирина Анатольевна
преподаватель, Савельева Юлия Геннадьевна
старший преподаватель, Тютин Светлана Владимировна
учебный мастер, Шабловский Андрей Александрович
старший преподаватель, Шингарева Анна Сергеевна
старший преподаватель, Шведова Елена Владимировна

Фонды оценочных средств, необходимые для оценки результатов обучения

1. Планируемые результаты обучения для формирования компетенций п.5 и соответствующие им критерии оценивания приведены в Приложении 8.

2. Экзамен проходит в два этапа.

1 этап.

Подготовка реферата по теме диссертации (объем 12-15 страниц, приветствуется наличие таблиц, графиков, схем). Титульный лист со всеми выходными данными с подписью научного руководителя. Реферат должен содержать не менее 15 источников. Ссылки указываются в квадратных скобках, например, [12]. Размер шрифта 14. Система оценивания «зачет/незачет»; обучающийся, получивший «незачет», не допускается ко 2-му этапу экзамена.

2 этап:

1. Письменный перевод со словарем на русский язык оригинального текста по специальности (материал представляется на экзамене). Объем 2500 печ. знаков. Время на перевод - 60 минут. Форма проверки - чтение письменного перевода вслух.

2. Беглое просмотровое (без словаря) чтение оригинального текста по специальности, который предложит преподаватель. Объем 1200-1500 печ. знаков. Время на подготовку 5 минут. Форма проверки - передача краткого содержания текста, ответы на вопросы на английском языке.

3. Беседа на английском языке о научной работе аспиранта. Время 3-4 минуты (не менее 20-25 предложений).

Примеры текста для перевода

MOLECULAR BIOLOGY

The history of molecular biology begins in the 1930s with the convergence of various, previously distinct biological disciplines: [biochemistry](#), [genetics](#), [microbiology](#), and [virology](#). With the hope of understanding life at its most fundamental level, numerous physicists and chemists also took an interest in what would become [molecular biology](#). In its modern sense, molecular biology attempts to explain the phenomena of [life](#) starting from the macromolecular properties that generate them. Two categories of macromolecules in particular are the focus of the molecular biologist: 1) [nucleic acids](#), among which the most famous is [deoxyribonucleic acid](#) (or [DNA](#)), the constituent of [genes](#), and 2) [proteins](#), which are the active agents of living organisms. One definition of the scope of molecular biology therefore is to characterize the structure, function and relationships between these two types of macromolecules. This relatively limited definition will suffice to allow us to establish a date for the so-called "molecular revolution", or at least to establish a chronology of its most fundamental developments.

In its earliest manifestations, molecular biology—the name was coined by [Warren Weaver](#) of the [Rockefeller Foundation](#) in 1938—was an ideal of physical and chemical explanations of life, rather than a coherent discipline. Following the advent of the [Mendelian-chromosome theory of heredity](#) in the 1910s and the maturation of [atomic theory](#) and [quantum mechanics](#) in the 1920s, such explanations seemed within reach. Weaver and others encouraged (and funded) research at the intersection of biology, chemistry and physics, while prominent physicists such as [Niels Bohr](#) and [Erwin Schrödinger](#) turned their attention to biological speculation. However, in the 1930s and 1940s it was by no means clear which—if any—cross-disciplinary research would bear fruit; work in [colloid chemistry](#), [biophysics](#) and [radiation biology](#), [crystallography](#), and other emerging fields all seemed promising.

In 1940, [George Beadle](#) and [Edward Tatum](#) demonstrated the existence of a precise relationship between genes and proteins. In the course of their experiments connecting genetics with biochemistry, they switched from the genetics mainstay [Drosophila](#) to a more appropriate [model organism](#), the fungus [Neurospora](#); the construction and exploitation of new model organisms would become a recurring theme in the development of molecular biology. In 1944, [Oswald Avery](#), working at the [Rockefeller Institute of New York](#), demonstrated that genes are made up of DNA. In 1952, [Alfred Hershey](#) and [Martha Chase](#) confirmed that the genetic material of the [bacteriophage](#), the virus which infects bacteria, is made up of DNA. In 1953, [James Watson](#) and [Francis Crick](#) discovered the double helical structure of the DNA molecule. In 1961, [Francois Jacob](#) and [Jacques Monod](#) hypothesized the existence of an intermediary between DNA and its protein products, which they called [messenger RNA](#). Between 1961 and 1965, the relationship between the information contained in DNA and the structure of proteins was determined: there is a code, the [genetic code](#), which creates a correspondence between the succession of [nucleotides](#) in the DNA sequence and a series of [amino acids](#) in proteins. At the beginning of the 1960s, Monod and Jacob also demonstrated how certain specific proteins, called [regulative proteins](#), latch onto DNA at the edges of the genes and control the [transcription](#) of these genes into messenger RNA; they direct the "[expression](#)" of the genes.

The chief discoveries of molecular biology took place in a period of only about twenty-five years. Another fifteen years were required before new and more sophisticated technologies, united today under the name of [genetic engineering](#), would permit the isolation and characterization of genes, in particular those of highly complex organisms.

TEXT II

ECOLOGICAL PROBLEMS

Ecological problems like climate change, deforestation, endangered animals, and different forms of pollution are causing great damage to our environment. Each new day means more negative reports about damage that has been done to our environment, and yet so few people take these problems seriously. Why is that? I believe this has to do with the lack of ecological conscience. In this world everything is about money and making profit, and economy doesn't seem to fit into such concept so very few people think about it.

People seem to be only thinking about damage that is done to our environment once world becomes witness to some huge environmental disaster the fresh example to this is of course the oil spill in the Gulf of Mexico that is getting lot of media attention. What is wrong with us? Do we really have to wait for worst to happen before being able to think straight? Sadly, the answer to this question may indeed be yes, and climate change definitely supports this thesis.

Imagine this, thousands of scientists across the globe have warned world leaders that they need to act immediately to stop further strengthening of climate change impact by drastically reducing carbon emissions on global level, and still there is no new climate deal.

In politics everything is about interests, money and power, and neither of the big players wants to make the exception, and show the world that global interests are more important than individual benefits. United States are afraid that they will lose their dominant position in the world as the world's top economy, China fears that new climate deal might jeopardize its tremendous economic development, and so on.

As you can see it's all about economy and industry, or to play it simple about money and power. If ecology were only half as important as economy we wouldn't be talking about climate change problem because we probably wouldn't now what that is. But world is so far from being the perfect place.

Let's get back to last year and the great recession that caused global financial crisis. What exactly happened? Politicians and world leaders were in great hurry to find the adequate solutions to stop the negative economic trend by all means possible because the almighty money was on the line.

And when they needed to do something similar to protect our planet and life of our future generations by agreeing new climate deal nothing happened. It was yet another political game of false promises that ended in one huge disappointment.

Методические материалы для проведения процедур оценивания результатов обучения

Экзамену кандидатского минимума предшествует подготовка рефератат. На экзамене, проводимом в форме индивидуального собеседования, проверяется степень сформированности знаний методов и технологии научной коммуникации на иностранном языке, знание особенностей представления результатов научной деятельности в устной и письменной форме на иностранном языке, умение следовать основным нормам, принятым в научном общении, а также владение различными методами, технологиями и типами коммуникаций при осуществлении профессиональной деятельности на иностранном языке (УК-3, УК-4). Владение навыками критической оценки эффективности различных методов и технологий научной коммуникации и анализа научных текстов на иностранном языке оценивается при проверке рефератов.

Рабочие программы дисциплин вариативной части Блока 1 «Дисциплины»

Обязательные дисциплины направленностей (профилей)

Рабочая программа дисциплины

1. Код и наименование дисциплины **Современные концепции неорганической химии**
2. Уровень высшего образования – подготовка научно-педагогических кадров в аспирантуре.
3. Направление подготовки 04.06.01 Химические науки. Направленность программы **Неорганическая химия**
4. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП

Вариативная часть ООП, обязательная дисциплина, которую учащийся должен освоить для сдачи экзамена кандидатского минимума (4 семестр 2 год обучения).

5. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

Формируемые компетенции (код компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)
УК-2	31 (УК-2) Знать методы научно-исследовательской деятельности
ОПК-1	У1 (ОПК-1) Уметь выбирать и применять в профессиональной деятельности экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследования
ПК-1	31 (ПК-1) Знать современное состояние науки в области неорганической химии

6. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся:

Объем дисциплины (модуля) составляет 3 зачетных единицы, всего 108 часов, из которых 54 часа составляет контактная работа аспиранта с преподавателем (32 часа - занятия лекционного типа, 20 часов – занятия семинарского типа, 2 часа - мероприятия промежуточной аттестации), 54 часа составляет самостоятельная работа аспиранта.

7. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия

В специалитете или магистратуре должны быть освоены общие курсы «Неорганическая химия» и «Физическая химия», на 1-2 годах аспирантуры должны быть прослушаны спецкурсы по выбору, посвященные физико-химическим методам исследования неорганических веществ, строению кристаллических неорганических веществ, методам синтеза неорганических материалов, химии координационных соединений.

8. Образовательные технологии.

Используются следующие технологии: лекции-демонстрации и интерактивные лекции. Преподавание дисциплины проводится в форме авторских курсов по программам, которые составлены на основе результатов исследований, проведенных научными школами МГУ.

9. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических или астрономических часов и виды учебных занятий

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе								
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них						Самостоятельная работа обучающегося, часы из них		
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Групповые консультации	Индивидуальные консультации	Учебные занятия, направленные на проведение текущего контроля успеваемости коллоквиумы, практические контрольные занятия и др)*	Всего	Выполнение домашних заданий	Подготовка рефератов и т.п..	Всего
Раздел 1. Дизайн и синтез неорганических соединений с заданными свойствами и создание функциональных материалов на их основе	32	10	8	-	-	-	18	-	14	14
Раздел 2. Современные подходы к исследованию химической связи и	20	8	4	-	-	-	12	-	8	8

строения неорганиче- ских соединений, в том числе квантово- механические расчеты										
Раздел 3. Синтез новых координационных со- единений, исследование физико-химических свойств и реакционной способности координа- ционных соединений, в том числе для их исполь- зования в качестве предшественников для создания новых функ- циональных материалов.	20	8	4	-	-	-	12	-	8	8
Раздел 4. Использование современных методов исследования для уста- новления взаимосвязи между составом, строе- нием и свойствами неор- ганических соединений, в том числе для нанокри- сталлических и наност- руктурированных объек- тов	16	6	4	-	-	-	10	-	6	6
Промежуточная атте- стация экзамен канди- датского минимума	20		2					18		
Итого	108	32	20				54			54

10. Учебно-методические материалы для самостоятельной работы аспирантов.

Аспирантам предоставляется программа курса, план занятий и перечень домашних заданий. По теме каждой лекции указывается материал в источниках из списков основной и вспомогательной литературы, а также из интернет-ресурсов. Аспирантам предоставляется программа-минимум кандидатского экзамена, а также список дополнительных вопросов и примеры контрольных заданий, предлагаемые на экзамене.

11. Ресурсное обеспечение:

- Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная литература

1. Третьяков Ю.Д., Мартыненко Л.И., Григорьев А.Н., Цивадзе А.Ю. Неорганическая химия. М.: Химия, 2001. т. 1, 2.
2. Ахметов Н.С. Общая и неорганическая химия. 3е изд. М.: Высш. шк. 1998.
3. Хьюи Дж. Неорганическая химия: строение вещества и реакционная способность. М.: Химия. 1987.
4. Д. Шрайвер, П. Эткинс. Неорганическая химия. В 2 томах. М.: Мир, 2004.
5. Н. Гринвуд, А. Эрншо. Химия элементов. В 2 томах. М.: Бинум, 2008.
6. Карапетьянц М.Х., Дракин С.И. Общая и неорганическая химия. М.: Химия. 2001.
7. Коттон Ф., Уилкинсон Дж. Современная неорганическая химия. М.: Мир. 1969. т. 1–3.
8. Суворов А.В., Никольский А.Б. Общая химия. М.: Мир. 1997.

Дополнительная литература

1. Вест А. Химия твердого тела. Теория и приложения. В 2 частях. М.: Мир, 1988.
2. Гиллеспи Р, Харгиттаи И. Модель отталкивания электронных пар валентной оболочки и строение молекул. М.: Мир. 1992.
3. Джонсон Д. Термодинамические аспекты неорганической химии. М.: Мир. 1985.
4. Драго А. Физические методы в химии. М.: Мир. 1981. т. 1, 2.
5. Карапетьянц М.Х., Дракин С.И. Строение вещества. М.: Высш. шк. 1978.
6. Н.А.Костромина, В.Н.Кумок, Н.А.Скорик. Химия координационных соединений. М.: Высш. шк. 1990.
7. Кукушкин Ю.Н. Химия координационных соединений. М.: Высш. шк. 2001.
8. Некрасов Б.В. Основы общей химии. М.: Химия. 1972, 1973. т. 1, 2.
9. Пиментел Дж., Кунрод Дж. Возможности химии сегодня и завтра. М.: Мир. 1992.
10. Полтораки О.И., Ковба Л.М. Физико-химические основы неорганической химии. М.: Изд. Моск. ун-та. 1984.
11. Спицын В.И., Мартыненко Л.И. Неорганическая химия. М.: Изд. Моск. ун-та. 1991, 1994. т.1, 2.
12. Турова Н.Я. Неорганическая химия в таблицах. М.: ВХК РАН. 1999.
13. Угай Я.А. Общая и неорганическая химия. М.: Высш. шк. 2001.
14. Уэллс А. Структурная неорганическая химия. М.: Мир. 1987. т. 1–3
15. Фримантл М. Химия в действии. М.: Мир. 1991. т. 1, 2.

Периодическая литература

Журналы «Успехи химии», «Журнал неорганической химии», «Неорганические материалы», «Кристаллография», «Известия РАН. Серия химическая», «Доклады Академии наук. Серия химия», «Журнал структурной химии», «Координационная химия», Materials Chemistry, Mendeleev Communications, Scientific Reports, Journal of Materials Chemistry, Journal of Alloys and Compounds, Inorganic Chemistry, European Journal of Inorganic Chemistry, Chemistry - A European Journal, Journal of Crystal Growth.

- Перечень используемых информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса, включая программное обеспечение, информационные справочные системы (при необходимости):

Используются следующие технологии: проблемно-ориентированные лекции, лекции-демонстрации, интерактивные лекции. Лекции читаются ведущими учеными Московского университета и приглашенными профессорами – российскими и зарубежными учеными с мировым именем, специализирующимися в области современной неорганической химии.

- Описание материально-технической базы.

Лекции проводятся в аудитории, оснащенной мультимедийным оборудованием.

Вспомогательный материал в виде презентаций доступен аспирантам на сайте

1. http://www.inorg.chem.msu.ru/index_r.php?topic=asp

2. http://www.inorg.chem.msu.ru/index_r.php?topic=col

12. Язык преподавания - русский

13. Преподаватели.

ведущий научный сотрудник, доктор химических наук Кузнецов Алексей Николаевич, e-mail Alexei@inorg.chem.msu.ru, тел. (495)9395502
профессор, доктор химических наук Гаськов Александр Михайлович, gaskov@inorg.chem.msu.ru, тел. (495)9395471

Фонды оценочных средств, необходимые для оценки результатов обучения

1. Планируемые результаты обучения для формирования компетенций п.5 и соответствующие им критерии оценивания приведены в Приложении 8.

2. Программа экзамена кандидатского минимума по специальности 02.00.01 «Неорганическая химия» по химическим и техническим наукам

Введение

Настоящая программа охватывает основополагающие разделы неорганической химии, ее теоретические основы (строение вещества, термодинамика и кинетика), химию элементов, свойства и методы синтеза основных классов неорганических соединений, а также методы их исследования.

Программа разработана экспертным советом Высшей аттестационной комиссии по химии (по неорганической химии) при участии Института общей и неорганической химии им. Н.С.Курнакова РАН и Московского государственного университета им. М.В.Ломоносова.

1. Фундаментальные основы неорганической химии

1.1. ПЕРИОДИЧЕСКИЙ ЗАКОН Д.И.МЕНДЕЛЕЕВА И СТРОЕНИЕ АТОМА.

Основные представления о строении атома. Волновая функция и уравнение Шредингера. Квантовые числа, радиальное и угловое распределение электронной плотности. Атомные орбитали (s-, p-, d- и f-АО), их энергии и граничные поверхности. Распределение электронов по АО. Принцип минимума энергии. Принцип Паули. Атомные термы, правило Хунда. Современная формулировка периодического закона, закон Мозли, структура Периодической Системы. Коротко- и длиннопериодный варианты Периодической таблицы. Периоды и группы.

Закономерности изменения фундаментальных характеристик атомов: атомных и ионных радиусов, потенциала ионизации, энергии сродства к электрону и электроотрицательности.

Границы Периодической Системы. Перспективы открытия новых элементов.

Периодичности в изменении свойств простых веществ и основных химических соединений - оксидов, гидроксидов, гидридов, галогенидов, сульфидов, карбидов, нитридов и боридов.

1.2. ХИМИЧЕСКАЯ СВЯЗЬ И СТРОЕНИЕ МОЛЕКУЛ.

Понятие о природе химической связи. Основные характеристики химической связи: длина, энергия, направленность, полярность, кратность. Основные типы химической связи.

Основные положения метода валентных связей (МВС). Гибридизация орбиталей. Направленность, насыщенность и поляризуемость ковалентной связи. Влияние неподеленных электронных пар на строение молекул, модель Гиллеспи.

Основные положения метода молекулярных орбиталей (ММО). Двухцентровые двухэлектронные молекулярные орбитали. Энергетические диаграммы МО гомоядерных и гетероядерных двухатомных молекул. Энергия ионизации, магнитные и оптические свойства молекул. Многоцентровые МО, гипервалентные и электронодефицитные молекулы. Принцип изолюбального соответствия. Корреляционные диаграммы.

Ионная связь. Ионная модель строения кристаллов, образование ионных кристаллов как результат ненаправленности и ненасыщаемости ион-ионных взаимодействий. Ионный радиус. Основные типы кристаллических структур, константа Маделунга, энергия ионной решетки.

Межмолекулярное взаимодействие – ориентационное, индукционное и дисперсионное. Водородная связь, ее природа.

Введение в зонную теорию. Образование зон – валентной и проводимости из атомных и молекулярных орбиталей, запрещенная зона.

Металлы и диэлектрики. Границы применимости зонной теории.

1.3. КОМПЛЕКСНЫЕ (КООРДИНАЦИОННЫЕ) СОЕДИНЕНИЯ.

Основные понятия координационной теории. Типы комплексных соединений по классификации лигандов, заряду координационной сферы, числу центральных атомов. Номенклатура комплексных соединений. Изомерия комплексных соединений.

Образование координационных соединений в рамках ионной модели и представлений Льюиса. Теория мягких и жестких кислот и оснований Пирсона, уравнение Драго-Вейланда. Устойчивость комплексов в растворах и основные факторы, ее определяющие. Константы устойчивости комплексов. Лабильность и инертность. Энтропийный вклад в энергетическую устойчивость комплексов, сольватный эффект, хелатный эффект, правила циклов Л.А.Чугаева.

Природа химической связи в комплексных соединениях. Основные положения теории кристаллического поля (ТКП). Расщепление d-орбиталей в октаэдрическом и тетраэдрическом поле. Энергия расщепления, энергия спаривания и энергия стабилизации кристаллическим полем. Спектрохимический ряд лигандов. Понятие о теории Яна-Теллера, тетрагональное искажение октаэдрических комплексов.

Энергетическая диаграмма МО комплексных соединений. Построение групповых орбиталей и их взаимодействие с орбиталями центрального атома, σ - и π -донорные и акцепторные лиганды. Использование ТКП и ММО для объяснения оптических и магнитных свойств комплексных соединений. Диаграммы Танабэ-Сугано для многоэлектронных систем.

Карбонилы, металлокарбены, металлоцены, фуллериды. Комплексы с макроциклическими лигандами. Полиядерные комплексы. Изо- и гетерополисоединения. Кластеры на основе переходных и непереходных элементов. Кратные связи металл-металл, понятие о δ -связи.

Механизмы реакций комплексных соединений. Реакции замещения, отщепления и присоединения лиганда, окислительно-восстановительные реакции. Взаимное влияние лигандов в координационной сфере. Транс-влияние И.И. Черняева, цис- эффект А.А. Гринберга. Внутрисферные реакции лигандов.

Применение комплексных соединений в химической технологии, катализе, медицине и экологии.

1.4. ОБЩИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПРОТЕКАНИЯ ХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ.

Основные понятия и задачи химической термодинамики как науки о превращениях энергии при протекании химических реакций. Термодинамическая система, параметры и функции состояния системы. Первый закон термодинамики. Внутренняя энергия и ее изменение при химических и фазовых превращениях. Энтальпия. Стандартное состояние и стандартные теплоты химических реакций. Теплота и энтальпия образования. Закон Гесса. Энергии химических связей. Теплостойкость, уравнение Кирхгофа.

Обратимые и необратимые процессы. Второй закон термодинамики. Энтропия и ее физический смысл, уравнение Больцмана. Стандартная энтропия. Зависимость энтропии от параметров состояния. Энергия Гиббса. Направление химических процессов, критерии самопроизвольного протекания реакций в изолированных и открытых системах. Химический потенциал. Условие химического равновесия, константа равновесия. Изотерма химической реакции. Фазовые равновесия, число степеней свободы, правило фаз Гиббса. Фазовые диаграммы одно- и двухкомпонентных систем.

Скорость химической реакции, ее зависимости от природы и концентрации реагентов, температуры. Порядок реакции. Константы скорости и ее зависимость от температуры. Уравнение Аррениуса. Энергия активации и понятие об активированном комплексе. Обратимые реакции. Закон действующих масс. Влияние катализатора на скорость реакции. Гомогенный и гетерогенный катализ. Понятие о цепных и колебательных реакциях.

1.5. РАСТВОРЫ И ЭЛЕКТРОЛИТЫ.

Современные представления о природе растворов. Особенности жидких растворов. Порядок в жидкостях, структура воды и водных растворов. Специфика реакций в водных и неводных растворах.

Теория электролитической диссоциации. Ионное произведение воды и его зависимость от температуры. Водородный показатель pH, шкала pH. Кислоты и основания. Протолитическая теория Бренстеда-Лоури. Сопряженные кислоты и основания. Гидролиз. Современные взгляды на природу кислот и оснований.

Сильные и слабые электролиты. Зависимость степени электролитической диссоциации от концентрации, температуры, природы растворителя, посторонних электролитов. Закон разбавления Оствальда. Основные понятия теории сильных электролитов Дебая и Хюккеля.

Произведение растворимости. Динамическое равновесие в насыщенных растворах малорастворимых сильных электролитов и факторы, его смещающие.

Электрохимические свойства растворов. Сопряженные окислительно-восстановительные пары. Электродный потенциал. Окислительно-восстановительные реакции и их направление. Уравнение Нернста. Диаграммы Латимера и Фроста. Электролиз.

Коллигативные свойства растворов электролитов и неэлектролитов. Изотонический коэффициент. Закон Рауля. Криоскопия и эбулиоскопия, осмос.

1.6. ОСНОВЫ И МЕТОДЫ НЕОРГАНИЧЕСКОГО СИНТЕЗА.

Прямой синтез соединений из простых веществ. Реакции в газовой фазе, водных и неводных растворах, расплавах. Метод химического осаждения из газовой фазы, использования надкритического состояния. Золь-гель метод. Гидротермальный синтез. Твердофазный синтез и его особенности; использование механохимической активации. Химические транспортные реакции для синтеза и очистки веществ. Фотохимические и электрохимические методы синтеза. Применение вакуума и высоких давлений в синтезе. Основные методы разделения и очистки веществ. Методы выращивания монокристаллов и их классификация.

2. Химия элементов

2.1. ХИМИЯ s-ЭЛЕМЕНТОВ.

Положение s-элементов в Периодической системе, особенности электронной конфигурации. Характерные степени окисления.

Водород. Особое положение водорода в Периодической системе. Изотопы водорода. Орто- и пара- водород. Методы получения водорода. Физико-химические свойства водорода. Гидриды и их классификация. Окислительно-восстановительные свойства водорода. Вода – строение молекулы и структура жидкого состояния. Структура льда, клатраты. Пероксид водорода, его получение, строение и окислительно-восстановительные свойства.

Элементы группы IA. Общая характеристика группы.* Основные классы химических соединений – получение и свойства. Нерастворимые соли. Особенности химии лития. Применение щелочных металлов и их соединений.

Элементы группы IIA. Общая характеристика группы.* Основные классы химических соединений – получение и свойства. Особенности комплексообразования s-металлов. Особенности химии бериллия, магния и радия. Сходство химии бериллия и лития. Применение бериллия щелочноземельных металлов и их соединений.

2.2. Химия p-ЭЛЕМЕНТОВ.

Положение p-элементов в Периодической системе. Особенности электронной конфигурации. Характерные степени окисления. Металлы, неметаллы, металлоиды среди p-элементов. Закономерности в изменении свойств во 2 и 3 периодах.

Элементы группы IIIA. Общая характеристика группы.* Особенности химии бора. Бороводороды, комплексные гидробораты, кластерные соединения бора, боразол, нитрид бора: особенности их строения и свойств.

Оксид алюминия. Алюминаты и гидроксоалюминаты. Галогениды алюминия. Комплексные соединения алюминия. Сплавы алюминия. Алюмотермия. Амфотерность оксидов галлия, индия и таллия. Особенности химии Tl(I). Применение бора, алюминия, галлия, индия и таллия и их соединений.

Элементы группы IVA. Общая характеристика группы.* Особенности химии аллотропных модификаций углерода. Фуллерены и их производные. Нанотрубки. Карбиды металлов. Синильная кислота, цианиды, дициан. Роданостоводородная кислота и роданиды. Сероуглерод. Фреоны и их применение. Оксиды углерода. Карбонилы. Карбонаты.

Оксиды кремния, германия, олова и свинца. Кварц и его полиморфные модификации. Кремниевая кислота и силикаты. Галогениды. Кремнефтористоводородная кислота. Карбид кремния. Комплексные соединения олова и свинца. Применение простых веществ и соединений элементов группы IVA. Понятие о полупроводниках. Свинцовый аккумулятор.

Элементы группы VA. Общая характеристика группы.* Закономерности образования и прочность простых и кратных связей в группе. Особенности химии азота. Проблема связывания молекулярного азота. Особенности аллотропных модификаций фосфора.

Гидриды элементов группы VA: получение, строение молекул, свойства. Соли аммония. Жидкий аммиак как растворитель. Гидразин, гидроксилламин, азотистоводородная кислота. Галогениды элементов группы VA, получение и гидролиз.

Кислородные соединения азота. Особенности химии NO и NO₂. Азотная, азотистая кислоты и их соли: получение, свойства и окислительно-восстановительная способность. Диаграмма Фроста для соединений азота.

Кислородные соединения фосфора: оксиды, кислоты и их соли. Сравнение свойств кислот фосфора в разных степенях окисления. Конденсированные фосфорные кислоты и полифосфаты. Оксиды мышьяка, сурьмы и висмута, кислородосодержащие кислоты мышьяка и сурьмы и их соли. Сравнение силы кислот в группе. Сульфиды и тиосоли.

Применение простых веществ и соединений элементов VA группы. Удобрения.

Элементы группы VIA Общая характеристика группы.* Особенности химии кислорода. Строение молекулы кислорода, объяснение ее парамагнетизма. Озон и озониды. Аллотропные модификации серы и их строение.

Классификация оксидов. Простые и сложные оксиды, нестехиометрия оксидов. Гидроксиды и кислоты. Пероксиды, супероксиды.

Сероводород и сульфиды. Полисульфиды. Сульфаны. Оксиды серы, кислоты и их соли. Политионовые кислоты и политионаты. Кислородные соединения селена и теллура. Сравнение силы, устойчивости и окислительно-восстановительных свойств кислородных кислот в группе.

Галогениды серы, селена и теллура.

Применение простых веществ и соединений элементов VIA группы.

Элементы группы VIIA. Общая характеристика группы.* Особенности химии фтора и астата. Окислительные свойства галогенов. Взаимодействие галогенов с водой.

Галогеноводороды. Получение, свойства. Закономерность изменения свойств галогеноводородных кислот в группе. Классификация

галогенидов. Межгалогенные соединения: строение и свойства.

Кислородные соединения галогенов. Особенности оксидов хлора. Кислородсодержащие кислоты галогенов и их соли. Сопоставление силы, устойчивости и окислительно-восстановительных свойств кислот кислородных кислот галогенов, диаграмма Фроста для галогенов.

Применение галогенов и их соединений.

Элементы группы VIIIA. Общая характеристика группы.* Соединения благородных газов и природа химической связи в них. Гидраты благородных газов. Фториды и кислородные соединения благородных газов. Применение благородных газов.

2.3. ХИМИЯ d-ЭЛЕМЕНТОВ.

Положение d-элементов в Периодической системе. Электронное строение и основные степени окисления. Способность d-элементов к комплексообразованию. Закономерности изменения свойств d-металлов в 4, 5 и 6 периодах. Природа d-сжатия и ее следствия.

Элементы группы IIIB. Общая характеристика группы.* Оксиды, гидроксиды и фториды металлов IIIB группы – получение и свойства. Комплексные соединения. Сопоставление химии элементов IIIA и IIIB групп. Применение металлов и их соединений.

Элементы группы IVB. Общая характеристика группы.* Оксиды и гидроксиды титана и циркония. Титанаты и цирконаты. Соли титанила и цирконила. Галогениды. Способность к комплексообразованию. Закономерности в стабильности различных степеней окисления. Влияние лантаноидного сжатия на свойства гафния. Сопоставление металлов IVA и IVB групп. Применение титана и циркония и их соединений.

Элементы группы VB. Общая характеристика группы.* Оксиды и галогениды. Ванадаты, ниобаты и танталаты. Способность к комплексообразованию и образованию кластеров. Закономерности в стабильности различных степеней окисления. Диаграмма Фроста для соединений ванадия. Сопоставление свойств соединений ванадия(V) и фосфора (V). Применение ванадия, ниобия и тантала и их соединений.

Элементы группы VIB. Общая характеристика группы.* Оксиды, галогениды и сульфиды. Сравнение свойств хромовой, молибденовой и вольфрамовой кислот и их солей. Особенности комплексообразования. Кластеры. Бронзы. Поликислоты и их соли. Пероксиды. Окислительно-восстановительные свойства соединений хрома, закономерности в стабильности различных степеней окисления. Сопоставление химии элементов VIA и VIB групп. Применение хрома, молибдена и вольфрама и их соединений.

Элементы группы VIIB. Общая характеристика группы.* Кислородные соединения марганца, их кислотно-основные и окислительно-восстановительные свойства, диаграмма Фроста для соединений марганца. Стабильность соединений марганца в различных степенях окисления. Особенности химии технеция и рения. Рениевая кислота и перренаты. Сопоставление химии элементов VIIA и VIIB групп. Применение марганца и рения.

Элементы группы VIIIB. Общая характеристика группы* Обоснование разделения элементов на семейства железа и платиновые металлы.

Семейство железа: получение и физико-химические свойства железа, кобальта и никеля. Оксиды и гидроксиды, галогениды и сульфиды. Соединения железа, кобальта и никеля в высших степенях окисления. Комплексные соединения, особенности комплексов с d^6 конфигурацией центрального атома. Коррозия железа и борьба с ней. Применение железа, кобальта и никеля.

Платиновые металлы: Основные классы комплексных соединений платиновых металлов. Оксиды и галогениды платиновых соединений. Применение платиновых металлов.

Элементы группы IB. Общая характеристика группы.* Оксиды, гидроксиды и галогениды. Изменение в устойчивости степеней окисления элементов в группе. Комплексные соединения. Сопоставление элементов IA и IB групп. Применение меди, серебра и золота.

Элементы группы IIB. Общая характеристика группы.* Особенности подгруппы цинка в качестве промежуточной между переходными и непереходными металлами. Оксиды, гидроксиды, галогениды и сульфиды. Амальгамы. Особенности соединений ртути в степени окисления +1. Способность к комплексообразованию и основные типы комплексов цинка, кадмия и ртути. Сопоставление с элементов IIA и IIB групп. Применение цинка, кадмия и ртути.

2.4. ХИМИЯ f-ЭЛЕМЕНТОВ.

Общая характеристика f-элементов.* Особенности строения электронных оболочек атомов. Лантанидное и актиноидное сжатие. Сходство и различие лантаноидов и актиноидов. Внутренняя периодичность в семействах лантаноидов и актиноидов.

Семейство лантаноидов. Методы получения, разделения и физико-химические свойства металлов. Степени окисления элементов и закономерности их изменения в ряду. Основные классы химических соединений - получение и свойства. Комплексные соединения лантанидов. Особенности химии церия и европия. Сопоставление d- и f- элементов 3 группы. Применение лантаноидов.

Семейство актиноидов. Обоснование актиноидной теории. Методы получения и физико-химические свойства актиноидов. Особенности разделения актиноидов. Степени окисления актиноидов и закономерности их изменения в ряду. Основные классы химических соединений актиноидов – получение и свойства. Комплексные соединения актиноидов. Особенности химии тория и урана. Сопоставление актиноидов с d- элементами 6-го периода. Применение актиноидов и их соединений. Перспективы синтеза трансактиноидов.

* Примечание. Общая характеристика группы включает в себя:

- 1) Положение группы в Периодической системе.
- 2) Электронная конфигурация атомов.
- 3) Изменение в группе основных атомных характеристик: размеров атомов, потенциалов ионизации, сродства к электрону, электроотрицательности.
- 4) Формы существования простых веществ, нахождение в природе, получение простых веществ из природных источников.
- 5) Изменение в группе основных физических и химических свойств простых веществ, основные характерные степени окисления.

3. Общие представления о физических методах исследования в неорганической химии

Дифракционные методы исследования: рентгенофазовый и рентгеноструктурный анализы, нейтронография, электронография.

Спектральные методы исследования: электронные спектры в видимой и УФ-области. Колебательная спектроскопия – ИК и комбинационного рассеяния. Спектроскопия ЭПР, ЯМР, ЯКР и γ – резонансные. EXAFS-спектроскопия. Спектроскопия циркулярного дихроизма.

Исследования электропроводности и магнитной восприимчивости. Исследования дипольных моментов. Импеданс-спектроскопия.

Оптическая и электронная микроскопия. Локальный рентгено-спектральный анализ.

Термогравиметрия и масс-спектрометрия.

Исследование поверхности методами рентгено- и фотоэлектронной спектроскопии, оже-спектроскопии и т.п.

Примеры ПКЗ.

Задание 1.

Предложите группу неорганических соединений, кристаллическая структура которых определяет наличие сверхпроводимости при высокой температуре. Укажите, какие элементы кристаллической структуры отвечают за сверхпроводящие свойства. Предложите методы синтеза материалов на основе этих соединений в форме керамики и протяженных пленочных структур. Предложите методы определения фазового состава, химического состава, кристаллической структуры, функциональных свойств.

Задание 2.

Опишите строение и свойства комплексов 4d- и 5d-элементов с применением теории кристаллического поля и метода молекулярных орбиталей. Проследите взаимосвязь между электронным строением комплексов, их термодинамической и кинетической устойчивостью, оптическими и магнитными свойствами.

Задание 3.

Обсудите общие характеристики элементов главной и побочной подгрупп выбранной Вами группы Периодической системы. Обоснуйте наблюдаемые основные тенденции в изменении свойств элементов, физических и химических свойств простых веществ, характерных степеней окисления, основные типы соединений, координационные числа и типичные комплексы.

Методические материалы для проведения процедур оценивания результатов обучения

Кандидатский экзамен проводится по билетам, каждый из которых включает теоретические вопросы и практическое контрольное задание (ПКЗ). Для подготовки ответа аспирант (соискатель ученой степени) использует экзаменационные листы, которые сохраняются после приема экзамена в течение года. На каждого соискателя ученой степени заполняется протокол приема кандидатского экзамена, в который вносятся вопросы билетов и вопросы, заданные соискателю членами комиссии. Уровень знаний соискателя ученой степени оценивается на «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно». Протокол приема кандидатского экзамена подписывается членами комиссии с указанием их ученой степени, ученого звания, занимаемой должности и специальности согласно номенклатуре специальностей научных работников. В ходе экзамена, проводимого в форме индивидуального собеседования, оценивается степень сформированности «знаниевой» компоненты компетенции УК-2 (именно - знание методов научно-исследовательской деятельности) и ПК-1 (знание современного состояния науки в области неорганической химии). Частично сформированность умения выбирать и применять в профессиональной деятельности экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследования (ОПК-1) проверяется при выполнении ПКЗ, их оценка учитывается как одна из составляющих общей оценки экзамена кандидатского минимума.

Рабочая программа дисциплины

1. Код и наименование дисциплины **Актуальные проблемы аналитической химии**

2. Уровень высшего образования – подготовка научно-педагогических кадров в аспирантуре.

3. Направление подготовки 04.06.01 Химические науки. Направленность программы **Аналитическая химия** (если дисциплина(модуль) относится к вариативной части).

4. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП

Вариативная часть ООП, обязательная дисциплина, которую учащийся должен освоить для сдачи экзамена кандидатского минимума (4 семестр 2 год обучения).

5. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

Формируемые компетенции (код компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)
УК-2	З1 (УК-2) Знать методы научно-исследовательской деятельности
ОПК-1	У1 (ОПК-1) Уметь выбирать и применять в профессиональной деятельности экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследования
ПК-2	З1 (ПК-2) Знать современное состояние науки в области аналитической химии

6. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся:

Объем дисциплины (модуля) составляет 3 зачетных единицы, всего 108 часов, из которых 90 часов составляет контактная работа аспиранта с преподавателем (46 часа - занятия лекционного типа, 22 часов - групповые консультации, 16 часов - мероприятия текущего контроля успеваемости, 6- мероприятия промежуточной аттестации), 18 часов составляет самостоятельная работа аспиранта.

7. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия.

В специалитете или магистратуре должны быть освоены общие курсы «Неорганическая химия», «Аналитическая химия», «Физическая химия», «Квантовая химия», «Математический анализ», «Теория вероятностей».

8. Образовательные технологии.

Используются следующие технологии: лекции-демонстрации и интерактивные лекции. Преподавание дисциплин проводится в форме авторских курсов по программам, которые составлены на основе результатов исследований, полученных научными школами МГУ.

9. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических или астрономических часов и виды учебных занятий

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе								
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них						Самостоятельная работа обучающегося, часы из них		
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Групповые консультации	Индивидуальные консультации	Учебные занятия, направленные на проведение текущего контроля успеваемости коллоквиумы, практические контрольные занятия и др)*	Всего	Выполнение домашних заданий	Подготовка рефератов и т.п..	Всего
Раздел 1. История и методология аналитической химии	10	6	-	2	-	-	10	-	2	2
Раздел 2. Состояние и перспективы развития хроматографии и капиллярного электрофореза Тема 1. Основы	24 8	10 4	- -	6 2	- -	4 2	24 8	-	-	-

современной газовой хроматографии и ее применение. Тема 2. Теоретические основы современной ВЭЖХ и области ее использования. Тема 3. Теория и практика современного капиллярного электрофореза.	8	4	-	2	-	2	8			
	8	2	-	2	-	-	6			
Раздел 3. Состояние и перспективы развития масс- и хромато-масс-спектрометрии Тема 1. Теоретические основы масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой. Тема 2. Метод высокоэффективной жидкостной хроматографии – масс-спектрометрии. Тема 3. Метод капиллярной газовой хроматографии - масс-спектрометрии. Тема 4. Матрично-активированная лазерно-десорбционная ионизация в масс-спектрометрии	24	10	-	8	-	6	24	-	-	-
	6	2	-	2	-	2	6			
	6	2	-	2	-	2	6			
	4	2	-	2	-	-	4			
	8	4	-	2	-	2	8			

(МАЛДИ-МС)										
Раздел 4. Современные области применения молекулярной спектроскопии. Тема 1. Микроскопия и микроспектроскопия Тема 2. Тепловая спектроскопия. Тема 3. Молекулярная спектроскопия, микроспектроскопия и микроскопия при решении биомедицинских задач. Тема 4. Дистанционные методы спектроскопического анализа	14	10	-	2	-	-	14	2	2	4
Раздел 5. Биохимические методы анализа: основы и области применения. Тема 1. Ферментативные методы. Тема 2. Иммунохимические методы.	8	4		2	-	-	8	-	2	2
Раздел 6. Электрохимические методы анализа. Современное состояние и перспективы.	10	6	-	2	-	-	10			

<i>Тема 1. «Современные возможности электроанализа: от полярографии к визуализации единичной молекулы»</i> Тема 2. Биосенсоры и аналитические системы на их основе										
Промежуточная аттестация - экзамен кандидатского минимума	24		6					18		
Итого	108	46		22		16	90			18

10. Ресурсное обеспечение:

Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Раздел 1.

Основная литература.

- 1.Золотов Ю.А., Вершинин В.И. История и методология аналитической химии. Москва ИЦ «Академия». 2007.
- 2.Золотов Ю.А. Аналитическая химия: проблемы и достижения. Москва. Наука.1992.
3. Аналитическая химия. Под ред. Москвина Л.Н. Москва ИЦ «Академия». 2008.

Раздел 2.

1. Айвазов Б.В. Введение в хроматографию. М.: Высшая школа, 1983.
2. Стыскин Е.Л. и др. Практическая высокоэффективная жидкостная хроматография. М.: Химия, 1986.
3. Яшин Я.И. Физико-химические основы хроматографического разделения. М.: Химия, 1979.
4. Современное состояние жидкостной хроматографии. / Под ред. Дж. Киркланда. М.: Мир, 1974.
5. Энгельгард Х. Жидкостная хроматография при высоких давлениях. М.: Мир, 1980.
6. Киселев А.В., Яшин Я.И. Адсорбционная газовая и жидкостная хроматография. М.: Химия, 1979.
7. Шпигун О.А., Золотов Ю.А. Ионная хроматография. М.: МГУ, 1990.
8. Шатц В.Д., Сахартова О.В. Высокоэффективная жидкостная хроматография. Рига.: Зинатне, 1988.

9. Количественный анализ хроматографическими методами. / Под ред. Э.Кац. М.: Мир, 1990.
10. Руководство по газовой хроматографии. В 2-х ч. Пер. с нем. / Под ред. Э.Лейбница, Х.Г. Штруппе. М.: Мир, 1988.
11. Лабораторное руководство по хроматографическим и смежным методам /Под ред. О. Микеша. М.: Мир, 1982.
12. Красиков В.Д. Основы планарной хроматографии. С.-Пб.: Химиздат, 2005.

Дополнительная

1. Фритц Дж. Ионная хроматография. М.: Мир, 1984
 2. Даванков В.А. и др. Лигандообменная хроматография. М.: Мир, 1989.
 3. Схунмакерс П. Оптимизация селективности в хроматографии. М.:Мир, 1989.
 4. Хроматографический анализ окружающей среды. / Под ред. В.Г. Березкина. М.: Химия, 1979.
 5. Руководство по капиллярному электрофорезу. / Под ред. А.М. Волощука, Научный совет по хроматографии. М.: Наука, 1996.
 6. Столяров Б.В. и др. Практическая жидкостная и газовая хроматография. С.-Пб.: С.-Петербургский университет, 1998.
 7. Сверхкритическая флюидная хроматография. / Под ред. Р. Смита. М.: Мир, 1991.
 8. Комарова Н. В., Каменцев Я. С. Практическое руководство по использованию систем капиллярного электрофореза «КАПЕЛЬ» С-Пб.: ООО «Веда», 2006.
- Интернет-ресурсы

Раздел 3.

А. Основная литература.

1. ICP Mass Spectrometry. Handbook.(под ред.)Nelms S.M. Oxford. Blackwell.2005.
2. Пупышев А.А., Суриков В.Т. Масс-спектрометрия с индуктивно связанной плазмой. Екатеринбург. Уро РАН. 2006.
3. А.Т. Лебедев. Масс-спектрометрия в органической химии. Москва. БИНОМ. Лаборатория знаний. 2003.
4. А.Т. Лебедев. Масс-спектрометрия для анализа объектов окружающей среды. Москва. Техносфера.2012.
5. Лебедев А.Т., Артеменко К.А., Самгина Т.Ю. Основы масс-спектрометрии белков и пептидов. Москва. Техносфера.2013.

Дополнительная литература

- 1.Сысоев А.А. Введение в масс-спектрометрию. К. Хайвера. Москва. Атомиздат. 1977.
2. В.Г. Заикин. Основы масс-спектрометрии органических соединений. Москва. МАИК. 2001.
3. Jurgen H.Gross. Mass Spectrometry A Textbook 2nd Edition. Springer. 2011.
4. Robert E. Ardrey. Liquid Chromatography - Mass Spectrometry: An Introduction. Wiley.2003.
5. Зенкевич И.Г., Иоффе Б.В. Интерпретация масс-спектров органических соединений. Москва. Москва. 1986.

Раздел 4.

1. Спектроскопические методы определения следов элементов. / Под ред. Дж. Вайнфорднера. М.: Мир, 1979.
2. Юинг Д. Инструментальные методы химического анализа. М.: Мир, 1989.

3. Аналитическая химия. Проблемы и подходы: В 2 т. /под ред. Р. Кельнера, Ж-М. Мерме, М. Отто, Н. Видмера. М.: Мир: ООО "Издательство АСТ". 2004.
4. Методы анализа поверхностей / Под ред. А. Зандерны. М.: Мир, 1979.
5. Анализ поверхности методами оже- и рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии. / Под ред. Д. Бриггса, М.П. Сиха. М.: Мир, 1987.
6. Фелдман Л., Майер Д. Основы анализа поверхности и тонких пленок. М.: Мир, 1989.
7. Левшин Л.В., Салецкий А.М. Оптические методы исследования молекулярных систем. Ч. 1. Молекулярная спектроскопия. М.: Изд-во МГУ. 1994.
8. Головина А.П., Левшин Л.В. Химический люминесцентный анализ неорганических веществ. М.: Химия. 1978.
9. Столяров К.П., Григорьев Н.Н. Введение в люминесцентный анализ неорганических веществ. Л.: Химия. 1967.
10. Паркер С. Фотолюминесценция растворов. М.: Мир. 1972.
11. Барлтроп Дж., Кейл Дж. Возбужденные состояния в органической химии. М.: Мир. 1978.
12. Лазерная аналитическая спектроскопия/Под ред. В.С.Летохова. М.: Наука. 1986.

Раздел 5:

1. Перес-Бендито Д., Сильва М. Кинетические методы в аналитической химии. М.: Мир. 1991.
2. Марк Г., Рехниц Г. Кинетика в аналитической химии. М.: Мир. 1972.
3. Диксон М., Уэбб Э. Ферменты. М.: Мир, т.т. 1 – 3. 1984.
4. Келети Т. Основы ферментативной кинетики. М.: Мир. 1990.
5. Введение в прикладную энзимологию. / Под ред. И.В. Березина, К. Мартинека. М.: Мир. 1976.
6. Варфоломеев С.Д., Гуревич К.Г. Биокинетика. М.: ФАИР-ПРЕСС. 1999.
7. Егоров А.М. и др. Теория и практика иммуноферментного анализа. М.: Высшая школа. 1991.

Интернет-ресурсы

Раздел 6:

1. Электроаналитические методы. Теория и практика /пер. с англ. Под ред. В.Н. Майстренко. М.:БИНОМ, Лаборатория знаний. 2006.
2. Будников Г.К., Майстренко В.Н., Вяселев М.Р. Основы современного электроанализа. М.: Химия, 2001.
3. З. Галюс. Теоретические основы электрохимического анализа. Москва, Мир. 1974.
4. J. Wang. Analytical Electrochemistry. New York Wiley. 2006.
5. A.J. Bard, L.R. Faulkner. Electrochemical Methods: Fundamentals and Applications. London. Wiley. 2001.
6. C. Gabrielli. Identification of Electrochemical Processes by Frequency Response. Analysis. Solartron Analytical. 1998.

- Перечень используемых информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса, включая программное обеспечение, информационные справочные системы (при необходимости):

ИБТАНТЕРМО <http://www.ihed.ras.ru>, <http://www.chem.msu.su/rus/handbook/ivtan/> .

NIST <http://www.nist.gov>

- Описание материально-технической базы.

Лекционные занятия проводятся в специально оборудованных аудиториях.

Вспомогательный материал в виде презентаций доступен аспирантам на сайте <http://chem.msu.ru/>

12. Язык преподавания - русский

13. Преподаватель (преподаватели).

Академик, профессор, доктор химических наук ЗОЛотов ЮРИЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ, E-mail zolotov@analyt.chem.msu.ru

Член-корр. РАН, профессор, доктор химических наук ШПИГУН ОЛЕГ АЛЕКСЕЕВИЧ, E-mail shpiguno@yandex.ru

Профессор, доктор химических наук ПРОСКУРНИН МИХАИЛ АЛЕКСЕЕВИЧ, e-mail: proskurnin@gmail.com

Профессор, доктор химических наук БОЛЬШОВ МИХАИЛ АЛЕКСАНДРОВИЧ, e-mail: bolshov@isan.troitsk.ru

Профессор, доктор химических наук КАРЯКИН АРКАДИЙ АРКАДЬЕВИЧ, e-mail: aak@analyt.chem.msu.ru

Профессор, доктор химических наук ШЕХОВЦОВА ТАТЬЯНА НИКОЛАЕВНА, e-mail: tnshekh@yandex.ru

Старший научн.сотр., кандидат химических наук РОДИН ИГОРЬ АЛЕКСАНДРОВИЧ, e-mail: igorrodin@yandex.ru

Фонды оценочных средств, необходимые для оценки результатов обучения

1. Планируемые результаты обучения для формирования компетенций п.5 и соответствующие им критерии оценивания приведены в Приложении 8.

2. Вопросы и задания для проверки знаний и умений. ПКЗ могут предлагаться в процессе индивидуального собеседования; оценка по ним учитывается как одна из составляющих общей оценки экзамена кандидатского минимума.

Раздел 1. История и методология аналитической химии.

Список вопросов для проведения текущей и промежуточной аттестации.

1. Аналитическая химия и химический анализ. Границы и области перекрывания. Аналитическая служба.
2. Автоматизация анализа (где, зачем, как).
3. Миниатюризация анализа.
4. Химические сенсоры (что это такое, их будущее).
5. Виды химического анализа.
6. Классификация аналитических методов.
7. Что значит разработать метод определения?
8. Сопоставление методов определения.

9. Тенденции в развитии методов анализа.
10. Основные объекты анализа; смена приоритетов.
11. Соотношение метод – объект анализа.
12. Контроль технологических процессов. Особенности, способы осуществления.
13. Нормативно-техническая документация по химическому анализу. Общий обзор.
14. Прогноз развития аналитической химии (тенденции; что надо было бы).

Раздел 2. Состояние и перспективы развития хроматографии и капиллярного электрофореза

Список вопросов для проведения текущей и промежуточной аттестации.

- 1.Использования современной ГХ в нефтехимии.
- 2.Использования современной ГХ в использования современной ГХ в экологии
3. Примеры использования современной ГХ в медицине.
4. Расширение областей применения газовой хроматографии (реакционная ГХ и парафазный анализ)
5. Виды загрязнения детектора и приемы его чистки.
6. Селективность и эффективность хроматографического разделения.
- 7.Классификация хроматографических методов.
- 8.Сорбенты для современной ВЭЖХ.
- 9.Принципы обращенно-фазовой и ионной хроматографии.
- 10.Области применения ВЭЖХ.
11. Какие новые детекторы используют в ВЭЖХ?
12. Каковы принципы действия спектрофотометрического и флуориметрического детекторов?
13. Каковы принципы действия кондуктометрического и электрохимического детекторов?
14. Причины и признаки появления неполадок в хроматографической системе.
- 15.Суть метода капиллярного электрофореза.
16. Каковы новые варианты капиллярного электрофореза?
- 17.Каков механизм разделения в капиллярном зонном электрофорезе?
- 18.Каковы принципы мицеллярной электрокинетической хроматографии?
- 19.Каковы достоинства и недостатки капиллярного электрофореза?
- 20.Каковы области перспективного использования капиллярного электрофореза.

Раздел 3. Состояние и перспективы развития масс- и хромато-масс-спектрометрии

Темы 1-3

Список вопросов для проведения текущей и промежуточной аттестации.

1. Как формируется масс-спектр? Основные характеристики масс-спектров.
2. Опишите принцип действия различных типов масс-спектрометров.
3. Опишите основные механизмы, влияющие на уровень аналитического сигнала и ограничивающие чувствительность метода ИСП-МС.
4. Расскажите о методах пробоподготовки объектов различного состава и агрегатного состояния для ИСП-МС определения содержания аналита.
5. Расскажите о методах введения в плазму образцов с высоким содержанием оргаорганики и высоким уровнем кислотности.
6. Классификация масс-спектрометров для элементного и молекулярного анализа.
7. Сущность метода высокоэффективной жидкостной хроматографии – масс-спеспектрометрии. Типы и особенности источников ионизации.
8. Разновидности масс-анализаторов, используемых в сочетании с жидкостным хроматографом. Аналитические характеристики.
9. Качественный анализ методом ВЭЖХ-МС. Возможности и ограничения.
10. Аналитические возможности методов ВЭЖХ-МС(-МС). Определение следовых количеств в объектах со сложной матрицей.
11. Применение жидкостной масс-спектрометрии в современной практике.
12. Преимущества сочетания метода газовой хроматографии и метода масс-спектрометрии.
13. Ограничения метода ГХ-МС.
14. Область применения метода ГХ-МС. Аргументированный выбор метода ГХ-МС на примере анализа различных объектов.
15. Аналитический сигнал в методе ГХ-МС (в том числе и ГХ-МС/МС). Возможности его применения для качественного и количественного анализа.
16. Особенности разделения многокомпонентных смесей органических соединений на капиллярных колонках. Выбор колонки для анализа известных определяемых веществ, неизвестных компонентов смеси.
17. Роль индексов удерживания в сочетании с масс-спектрами электронной и химической ионизации в подходах к идентификации компонентов сложных смесей органических соединений.

Тема 4. Объясните физический принцип метода МАЛДИ-МС.

1. Какова роль матрицы в процессе ионизации?
2. Объясните алгоритм выбора матрицы.
3. Расскажите о приборном оформлении метода МАЛДИ-МС.
4. Какова область применения метода МАЛДИ-МС?
6. Расскажите об алгоритме идентификации белков и пептидов с использованием метода МАЛДИ-МС.
7. Каким образом осуществляется de-novo секвенирование белков и пептидов?
8. Расскажите о поисковых системах спектральных данных для МАЛДИ.
9. На каких принципах основана идентификация микроорганизмов методом МАЛДИ-МС?
10. Как проводят изучение тканевого распределения фармпрепаратов методом МАЛДИ?

Примерные темы рефератов по масс-спектрометрии:

1. Принцип масс-спектрометрии с изотопным разбавлением.
2. Принцип ТИМС.
3. Масс-спектрометрия с лазерным пробоотбором.
4. Разделение ионов и сравнительные характеристики масс-спектрометров.

Раздел 4. Современные области применения молекулярной спектроскопии

Тема 1. Микроскопия и микроспектроскопия

Список вопросов для проведения текущей и промежуточной аттестации.

1. Объясните принципиальную разницу между спектроскопией, микроскопией и микроспектроскопией
2. Укажите наиболее широко распространённые области молекулярной спектроскопии и возможности их реализации в варианте микроспектроскопии
3. Назовите области применения абсорбционной микроспектроскопии.
4. В чем преимущества лазерной оптико-акустической спектроскопии в микроскопическом анализе?
5. Расскажите о преимуществах лазерно-индуцированной флуоресцентной спектроскопии и микроспектроскопии.
6. Сравните микроспектроскопические методы анализа в рентгеновской, видимой и ИК-областях
7. В чем причины бурного развития ИК-спектроскопии в ближней ИК-области
8. Основные задачи, преимущества и недостатки микроспектроскопии светорассеяния.

Тема 2. Тепловая спектроскопия.

Список вопросов для проведения текущей и промежуточной аттестации

1. Назовите лазерные калориметрические методы. Каковы их особенности?
2. Принципы оптико-акустической и ультразвуковой спектроскопии их взаимосвязь.
3. Расскажите о задачах, преимуществах и недостатках лазерной оптико-акустической спектроскопии.
4. Расскажите о задачах, преимуществах и недостатках лазерной ультразвуковой спектроскопии.
5. Принципы термолинзовой спектрометрии. Основные методы: термолинзовая спектрометрия, фототермическая рефрактометрия, фототермическое зеркало
6. Принципы, преимущества, недостатки и области применения термодефлекционной спектроскопии
7. Принципы, преимущества, недостатки и области применения фототермической радиометрии
8. На чем основан послойный калориметрический анализ?
9. Основные физические параметры, получаемые по тепловому каналу информации в калориметрических методах.
10. Тепловые спектроскопические методы

Тема 3. Молекулярная спектроскопия, микроспектроскопия и микроскопия при решении биомедицинских задач.

Список вопросов для проведения текущей и промежуточной аттестации

1. Перечислите наиболее важные задачи биологии и медицины, в которых востребована аналитическая молекулярная спектроскопия
1. Что такое тераностика?
2. Основные достоинства флуоресцентной спектроскопии, решения для биологии и медицины на ее основе
3. Назовите основные принципы проточной цитометрии и ее аппаратного оформления
4. Назовите основные принципы и задачи химического анализа отдельных клеток?
5. В чем основные достоинства абсорбционной спектроскопии перед флуоресцентной при решении биомедицинских задач? В чем проблем реализации абсорбционной спектроскопии в этой области?
6. Какие детекторы, основанные на принципах молекулярной спектроскопии востребованы в современных хроматографических, электро-миграционных и проточных методах анализа
7. Перечислите основные достоинства микрофлюидных технологий в аналитической химии?
8. Назовите основные типы микрофлюидных чипов.
9. Расскажите об основных принципах создания биочипов. Что такое органы-на-чипе?

Тема 4. Дистанционные методы спектроскопического анализа

Список вопросов для проведения текущей и промежуточной аттестации

1. Каковы возможности лазеров для осуществления дистанционного анализа?
2. Перечислите достоинства и недостатки спектроскопии светорассеяния, светопоглощения и флуоресценции в дистанционном анализе
3. Расскажите об основных типах спектрального анализа: собственно спектроскопии, радиометрии и анализа образов и их комбинаций
4. Расскажите об основных принципах и типах лидарного анализа
5. Расскажите об основных задачах применения гипервидеоспектроскопии
6. Какие задачи решает ИК-дистанционный анализ. В чем его достоинства и недостатки.
7. Расскажите об основных задачах дистанционного аналитического мониторинга
8. В чем особенности аппаратного оформления дистанционного анализа.
9. Применение корреляционной спектроскопии для задач дистанционного анализа.

Раздел 5. Биохимические методы анализа: основы и области применения.

Темы рефератов:

1. Способы иммобилизации ферментов различных классов.
2. Применение иммобилизованных ферментов во внелабораторном анализе.
3. Биосенсоры. История развития. Применение для решения задач экологического контроля, анализа биологических жидкостей.
4. Варианты иммунохимического анализа. Примеры использования в медицинской практике.
5. Использование биологических методов анализа в анализе объектов окружающей среды.

Список вопросов для проведения текущей и промежуточной аттестации.

1. Что является аналитическим сигналом в биохимических методах?
2. Каковы особенности действия фермента как катализатора?
3. Какие компоненты ферментативного процесса могут быть определены ферментативным методом?
4. Чем ограничены нижняя и верхняя границы определяемых содержаний субстрата, фермента и ингибитора?
5. Какой принцип положен в основу иммунохимических методов?
6. Что такое антиген, антитело, иммунный комплекс?
7. Какие метки используют в иммунохимических методах, какова их роль?
8. Каковы преимущества иммунохимических методов и области их применения?

Раздел 6. Электрохимические методы анализа. Современное состояние и перспективы.

Список вопросов для проведения текущей и промежуточной аттестации

1. Основы электрохимической термодинамики и кинетики. Теории строения двойного электрического слоя; их эволюция. Ток как функция потенциала. Уравнение разряда для обратимой реакции. Стационарная вольтамперометрия.
2. Нормальная импульсная вольтамперометрия. Форма задаваемого сигнала и форма вольтамперной кривой. Ток как функция концентрации.
3. Дифференциальная импульсная вольтамперометрия.
4. Квадратно-волновая вольтамперометрия.
5. Линейная развертка потенциала. Форма задаваемого сигнала и форма вольтамперной кривой.
6. Циклическая вольтамперометрия.
7. Визуализация отдельных наночастиц. Визуализация единичной молекулы. Электрохимическая микроскопия.
8. Схема биосенсора и принципа его действия.
9. Требования к сенсорам и биосенсорам (их отличие от прочих аналитических устройств).
10. История создания биосенсоров: амперометрический, потенциометрический и оптический.
11. Классификация биосенсоров. Способы «биоузнавания» и примеры биомолекул. Типы трансдьюсеров.
12. Ферментные электроды: три поколения биосенсоров. Потенциометрические биосенсоры и полевые транзисторы.
13. Биосенсоры II поколения: глюкозооксидаза и персональные глюкозные тесты.
14. Примеры медиаторных систем. Примеры коммерческого использования.
15. Биосенсоры III поколения.

Примеры ПКЗ.

Задание 1.

Для оценки воздействия ракетной деятельности на окружающую среду необходимо контролировать в воздухе, воде и почве районов падения отделяемых ступеней ракет содержание гидразина и его производных. Какой хроматографический метод и с каким детектором наиболее целесообразно использовать для такого контроля. Выбор обоснуйте.

Задание 2.

Укажите наиболее целесообразный экспрессный (менее 5 минут) метод индивидуального определения неорганических анионов – хлорида, фторида, нитрита, нитрата, бромида, сульфата. Укажите наиболее подходящий детектор и вариант детектирования. Выбор обоснуйте.

3. Программа-минимум кандидатского экзамена по специальности Аналитическая химия

Для определения химического состава веществ и материалов в настоящее время привлекают методы, основанные на химических, физических и биологических принципах. Это приводит к тому, что аналитикам, специализирующимся, например, в области нейтронно-активационного анализа, нужны существенно иные знания по сравнению с аналитиком, работающим в области кулонометрии. В то же время и те и другие должны быть знакомы с общими вопросами аналитической химии, такими, как требования к представительности пробы и правилам ее отбора, или способы извлечения информации из аналитического сигнала, должны представлять себе положение и роль каждого метода в общем арсенале методов аналитической химии, уметь правильно выбирать методы анализа, отвечающие поставленной задаче. Будущему кандидату наук следует знать современное состояние и тенденции развития аналитической химии и аналитической службы, иметь представление об основных научных центрах и сообществах аналитиков, о научной литературе. В связи с этим представляется целесообразным иметь общую программу, которая дает возможность принимать кандидатский экзамен в рамках подготовки кандидатов химических, физико-математических и технических наук по специальности "Аналитическая химия".

Необходимость составления единой программы диктуется также тем, что реальный анализ часто включает в качестве отдельных этапов разнородные операции; иногда сам метод анализа, в том числе в приборном оформлении, основан на различных принципах. К таким относятся, например, хроматографические методы анализа.

Настоящая программа экзамена кандидатского минимума охватывает основополагающие разделы аналитической химии, основные методы средства и объекты анализа. Помимо общего экзамена по аналитической химии рекомендуется сдавать экзамены по отдельным разделам аналитической химии, тематически соответствующим профилю диссертационной работы соискателя или аспиранта. Эти разделы определяются организацией, где сдается экзамен, и научным руководителем экзаменуемого; по месту сдачи экзамена разрабатываются и утверждаются соответствующие дополнительные программы. Темы специальных экзаменов не должны быть слишком узкими; примерами могут служить спектроскопические либо электрохимические методы анализа.

1. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ

1.1. Введение

Предмет аналитической химии. Цели и особенности аналитической химии и аналитической службы. Взаимосвязь аналитической химии с другими науками, значение для общества (народное хозяйство, окружающая среда, медицина, смежные области науки). Основные этапы развития.

Аналитические задачи: обнаружение, идентификация, определение, тестирование веществ.

Методы аналитической химии. Химические, физические и биологические методы. Методы обнаружения, идентификации, разделения и концентрирования, определения; гибридные и комбинированные методы. Методы прямые и косвенные. Условность классификаций.

Основные характеристики методов определения: чувствительность, предел обнаружения, диапазон определяемых содержаний, воспроизводимость, правильность, селективность. Метод и методика. Продолжительность, трудоемкость, стоимость, приборное обеспечение методики анализа.

Виды химического анализа: изотопный, структурно-групповой (функциональный), молекулярный, вещественный, фазовый. Макро-, микро-, ультрамикрoанализ. Локальный, неразрушающий, дистанционный, непрерывный, внелабораторный (полевой). Анализ и контроль, их специфика.

Единство аналитического процесса. Диалектическая связь проблемы, метода, объекта анализа и определяемого компонента.

Организация аналитической службы, ее функции: контроль технологических процессов. Маркировочные анализы. Результат химического анализа как показатель качества продукции. Арбитражный анализ.

Принципы унификации и стандартизации аналитических методов.

2. МЕТОДЫ АНАЛИЗА

2.1. Химические методы

Химические превращения вещества – основа химических методов. Использование законов термодинамики (химическое равновесие) и кинетики для описания и управления реальными гомогенными и гетерогенными системами.

2.1.1. Теоретические основы

Количественные характеристики равновесий: термодинамическая и концентрационные константы, стандартный и формальный потенциалы, степень образования (мольная доля) компонента. Расчет активностей и равновесных концентраций компонентов (рН, рМ и концентрации разных комплексных форм, молекулярной и ионной растворимостей). Буферность систем (рН, рМ и редокс буферы).

Краткая характеристика реакций и процессов

Кисотно-основное равновесие. Развитие представлений о кислотах и основаниях. Использование протолитической теории для описания равновесий. Влияние свойств растворителя (донорно-акцепторных, диэлектрической проницаемости, автопротолиза); классификация растворителей. Константы кислотности и основности. Функция Гаммета. Буферные растворы.

Комплексообразование. Типы комплексных соединений, используемых в химическом анализе. Комплексные соединения в растворе. Ступенчатое комплексообразование. Константы устойчивости. Методы определения состава комплексных соединений и расчета констант устойчивости. Кинетика реакций комплексообразования. Инертные и лабильные комплексы. Управление реакциями осаждения-растворения и окисления-восстановления с помощью комплексообразования. Примеры использования комплексов.

Органические реагенты в химическом анализе. Функционально-аналитические группы. Влияние структуры на свойства органических реагентов. Основные типы соединений, образуемых с участием органических реагентов. Теоретические основы взаимодействия органических реагентов с ионами металлов. Важнейшие органические аналитические реагенты, области их применения.

Окислительно-восстановительное равновесие. Обратимые и необратимые реакции. Уравнение Нернста. Стандартные и реальные (формальные) потенциалы. Смешанный потенциал. Методы измерения потенциалов. Константы равновесия. Механизм окислительно-восстановительных реакций. Каталитические, автокаталитические, сопряженные и индуцированные окислительно-восстановительные реакции.

Процессы осаждения-растворения. Равновесия в системе жидкость - твердая фаза. Константы равновесия (термодинамическое и реальное произведение растворимости); растворимость. Механизм образования и свойства кристаллических и аморфных осадков. Коллоидные системы. Загрязнения и условия получения чистых осадков. Условия полного осаждения и растворения осадков.

2.1.2. Гравиметрические методы

Сущность, значение, достоинство и ограничения прямых и косвенных гравиметрических методов. Требования, предъявляемые к осадкам. Важнейшие неорганические и органические осадители. Аналитические весы.

2.1.3. Титриметрические методы

Теоретические основы. Сущность и классификация. Виды титрования (прямое, обратное, косвенное). Кривые титрования. Точка эквивалентности, конечная точка титрования и методы ее индикации.

Кисотно-основное титрование. Кисотно-основное титрование в водных и неводных средах. Первичные стандартные растворы для установления концентрации растворов кислот и щелочей. Кривые титрования для одно- и многоосновных систем. Индикаторы.

Окислительно-восстановительное титрование. Первичные и вторичные стандартные растворы. Кривые титрования. Индикаторы. Титрование многокомпонентных систем. Предварительное окисление и восстановление определяемых соединений. Краткая характеристика методов: перманганатометрии, иодометрии, бихроматометрии, броматометрии, цериметрии.

Комплексометрическое титрование. Сущность, аналитические особенности. Использование аминополикарбоновых кислот в комплексометрии. Этилендиаминтетрауксусная кислота и ее динатриевая соль (ЭДТА). Важнейшие универсальные и специфические металлохромные индикаторы. Примеры практического использования комплексометрического титрования.

Осадительное титрование. Сущность. Кривые титрования. Методы индикации конечной точки титрования. Индикаторы.

2.1.4. Кинетические методы

Сущность методов. Индикаторные реакции, индикаторные вещества. Дифференциальный и интегральный варианты методов. Каталитический и некаталитический варианты методов. Методы измерения концентрации индикаторных веществ. Чувствительность, избирательность и точность, области применения.

2.1.5. Биохимические методы

Сущность методов. Ферментативные индикаторные реакции. Химическая природа и структура ферментов. Фермент-субстратные комплексы. Факторы, влияющие на скорость ферментативных реакций. Имобилизованные ферменты. Биосенсоры и ферментные электроды. Сущность иммунных методов. Иммуноферментный анализ. Радиоиммунологический анализ. Методы регистрации аналитического сигнала в биохимических и иммунных методах. Чувствительность, избирательность и точность методов. Области применения, возможности и ограничения.

2.1.6. Термические методы

Термические эффекты как причина или следствие химических реакций, фазовых и структурных превращений. Прямые термические методы анализа. Энтальпиметрия (калориметрия), термический анализ, термогравиметрия, катарометрия.

2.7.6. Газовольюмометрический анализ

Принцип методов. Особенности и способы выполнения. Применение газовольюмометрических методов в органическом элементном анализе, для определения углерода в металлах и сплавах, при анализе дымовых газов, светильного газа.

2.1.7. Электрохимические методы

Теоретические основы. Основные процессы, протекающие на электродах в электрохимической ячейке. Кинетика электрохимических процессов. Поляризационная кривая. Классификация электрохимических методов.

Потенциометрия. Равновесные электрохимические системы и их характеристики. Использование прямых и косвенных потенциометрических методов в анализе и исследовании. Ионметрия: возможности метода и ограничения. Типы ионоселективных электродов и их характеристики. Ферментные и газочувствительные электроды. Полевые транзисторы. Потенциометрическое титрование с неполяризованными и поляризованными электродами. Хронопотенциометрия прямая и инверсионная.

Кулонометрия. Прямая потенциостатическая и гальваностатическая кулонометрия – безэталонный, высокочувствительный метод анализа. Кулонометрическое титрование, его возможности и преимущества перед другими титриметрическими методами.

Вольтамперометрия. Характеристики вольтамперограмм как метода изучения и определения органических и неорганических соединений. Метрологические характеристики классической, осциллографической, импульсной и переменного-тока полярографии, возможности и ограничения этих методов. Использование каталитических и адсорбционных токов для повышения селективности и чувствительности определения. Инверсионная вольтамперометрия и ее применение в анализе. Прямые и косвенные вольтамперометрические методы.

Кондуктометрия. Эквивалентная и удельная электропроводность. Подвижность ионов. Низкочастотная кондуктометрия: прямой метод и кондуктометрическое титрование. Использование кондуктометрических датчиков в хроматографии и других методах анализа.

Электрогравиметрия. Электролиз при контролируемом потенциале и при заданной величине тока. Применение электролиза для разделения компонентов смеси и их количественного определения.

2.2. Физические методы

Взаимодействие вещества с электромагнитным излучением, потоками частиц, магнитным полем – основа физических методов анализа.

2.2.1. Методы атомной оптической спектроскопии

Теоретические основы. Атомные спектры эмиссии, поглощения и флуоресценции. Резонансное поглощение. Самопоглощение, ионизация. Аналитические линии. Аналитический сигнал. Зависимость аналитического сигнала от концентрации.

Атомно-эмиссионная спектроскопия. Возбуждение проб в пламени. Возбуждение в дуговом и искровом разрядах. Индуктивно связанная плазма. Фотографическая и фотоэлектрическая регистрация спектра. Компьютерная денситометрия. Оптические спектрометры, квантометры. Идентификация элементов по эмиссионным спектрам. Определение отдельных элементов. Способы определения содержания. Физические и химические помехи. Внутренний стандарт. Подавление мешающих влияний матрицы и сопутствующих элементов. Примеры использования. Анализ твердых веществ и материалов, технологических растворов, других объектов.

Атомно-абсорбционная спектроскопия. Сущность метода. Источники излучения (лампа с полым катодом, лазер, ксеноновая лампа, безэлектродная разрядная лампа). Пламенная атомизация. Характеристики пламен и их выбор. Типы горелок. Непламенные методы атомизации проб: графитовая кювета, графитовая трубчатая печь, импульсная лампа, лазер, плазменная горелка. Способы подготовки пробы. Помехи: химические и физические. Чувствительность и избирательность. Примеры использования.

Атомно-флуоресцентная спектроскопия. Принцип метода. Способы возбуждения атомов (УФ-свет, лазер). Взаимное влияние элементов и устранение этих влияний. Практическое применение.

2.2.2. Методы рентгеновской и электронной спектроскопии

Теоретические основы. Основные свойства и характеристики рентгеновского излучения. Спектры излучения, поглощения и флуо-

ресценции и их связь со строением атома. Дифракция рентгеновских лучей. Способы измерения аналитического сигнала.

Рентгеноэмиссионный анализ. Принцип метода. Закон Мозли. Качественный и количественный анализ. Электронно-зондовый микроанализ: принцип, аналитические особенности, применение.

Рентгеноабсорбционный анализ. Принцип метода. Зависимость массового коэффициента поглощения от атомной массы и порядкового номера элемента. Критический край поглощения. Аналитические методы, основанные на прямом поглощении и поглощении на критическом крае.

Рентгенофлуоресцентный анализ. Основы метода. Природа флуоресцентного рентгеновского излучения. Выход флуоресценции и его зависимость от атомного номера элемента. Факторы, определяющие интенсивность рентгенофлуоресцентной линии. Матричные эффекты. Достоинства метода. Практическое применение.

Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия (РФЭС; электронная спектроскопия для химического анализа). Основы метода. Взаимосвязь энергии связи электрона и ядра с энергией фотона рентгеновского излучения и кинетической энергией. Зависимость энергии связи от атомного номера элемента. Анализ поверхностей. Ультрафиолетовая фотоэлектронная спектроскопия.

Оже-электронная спектроскопия. Принцип метода. Фотоэлектронный спектр. Зависимость энергии Оже-электронов от атомного номера элемента. Области применения.

2.2.3. Методы молекулярной оптической спектроскопии

Теоретические основы. Молекулярные спектры поглощения, испускания. Основные законы светопоглощения и испускания. Светорассеяние. Поляризация и оптическая активность. Способы измерения аналитического сигнала.

Спектрофотометрия. Электронные спектры и энергетические переходы в молекулах. Способы монохроматизации светового потока. Пути повышения избирательности определения. Способы определения концентрации веществ. Дифференциальный метод в спектрофотометрии. Анализ многокомпонентных систем. Дифференциальная спектрофотометрия. Спектрофотометрическое титрование. Производная спектрофотометрия. Спектроскопия отражения. Достоинства и ограничения методов. Практическое применение.

Люминесцентные методы. Виды люминесценции. Флуоресценция и фосфоресценция. Основные закономерности молекулярной люминесценции. Тушение люминесценции. Качественный и количественный анализ. Люминесценция кристаллофосфоров. Люминесцентное титрование.

ИК- и рамановская (комбинационного рассеяния) спектроскопия. Колебательные и вращательные спектры. Качественная интерпретация спектров и количественный анализ: идентификация веществ, структурно-групповой и молекулярный анализ, определение строения индивидуальных соединений. Особенности анализа газов, растворов и твердых образцов. Спектроскопия внутреннего отражения. Спектроскопия с нарушенным полным внутренним отражением. Поглощение в микроволновой области.

Нефелометрия и турбидиметрия. Рэлеевское рассеяние и рассеяние Тиндаля. Основные закономерности светорассеяния. Практическое применение.

Фотоакустическая спектроскопия. Принцип метода. Основные закономерности. Применение.

Поляриметрия, дисперсия оптического вращения и круговой дихроизм. Оптическая активность и стереоизомерия. Поляризация (вращение) излучения. Степень вращения, удельное вращение. Зависимость оптической активности соединений от длины волны. Эффект Коттона. Спектры кругового дихроизма и оптической вращательной дисперсии. Области применения.

2.2.4. Методы масс-спектрометрии

Основные способы образования ионов: электронный удар, химическая ионизация, ионизация в поле, под действием излучения лазера, в индуктивно связанной плазме, тлеющем разряде, вакуумной искре и др. Способы мягкой ионизации для получения молекулярных и квазимолекулярных ионов. Способы масс-анализа, регистрация и интерпретация спектров. Качественный и количественный анализ. Анализ газообразных, жидких и твердых веществ. Изотопное разбавление в масс-спектрометрии. Локальный и послойный анализ. Области применения: изотопный, элементный, структурный и молекулярный анализ, определение газообразующих примесей. Хромато-масс-спектрометрия. Типы масс-спектрометров: динамические, статические, с двойной фокусировкой.

2.2.5. Методы магнитного резонанса ядер и электронов

Теоретические основы. Магнитно-дипольные переходы. Механизмы релаксации: спин-решеточная и спин-спиновая релаксация. Гидромагнитное отношение.

ЯМР-спектроскопия: магнитный момент ядра и его взаимодействие с магнитным полем; реализация магнитного резонанса; химический сдвиг и спин-спиновое взаимодействие; применение в структурных исследованиях.

ЭПР-спектроскопия: положение резонансного сигнала и g-фактора; электрон-ядерное и электрон-электронное взаимодействие и сверхтонкая структура спектра ЭПР; применение.

2.2.6. Ядерно-физические и радиохимические методы

Теоретические основы. Элементарные частицы. Основные виды радиоактивного распада и ядерных излучений.

Активационный анализ. Нейтронно-активационный анализ. Основные виды взаимодействия нейтронов с атомными ядрами. Источники нейтронов. Нейтронно-активационный анализ на тепловых, резонансных и быстрых нейтронах. Особенности и источники погрешностей при облучении нейтронами. Чувствительность и точность.

Активация заряженными частицами. Определение легких элементов с низкими пределами обнаружения.

Гамма-активационный анализ. Определение неметаллов. Чувствительность и диапазон определяемых содержаний. Регистрация излучений. Гамма-спектрометры. Деструктивный и недеструктивный активационный анализ. Способы идентификации и количественного определения элементов. Примеры использования.

Радиохимические методы: радиоактивных индикаторов и изотопного разбавления. Общая характеристика и применение.

Мессбауэровская спектроскопия. Общая характеристика метода. Параметры спектров. Химический сдвиг. Квадрупольное расщепление. Аналитическая информативность метода. Области применения.

2.2.7. Методы локального анализа и анализа поверхности

Классификация, основы, достоинства и области применения. Понятия продольной и поперечной локальности. Способы пробоотбора и пробоподготовки. Методы, используемые в локальном анализе: масс-спектрометрия вторичных ионов и лазерная масс-спектрометрия, рентгеноспектральный микроанализ, рентгеноэлектронная спектроскопия, электронная Оже-спектроскопия, методы ИК-спектроскопии поверхности, люминесцентные методы микроанализа, ядерный микроанализ и другие. Примеры использования.

2.3. Биологические методы

Сущность биологических методов анализа, их преимущества и ограничения, место среди других методов химического анализа.

Индикаторный организм. Типы индикаторных механизмов: микроорганизмы, беспозвоночные, позвоночные; растения. Физиологически активные и неактивные соединения. Определение физиологически неактивных соединений (химико-биологические методы). Взаимодействие индикаторного организма с определяемым веществом. Аналитический сигнал и способы его регистрации. Метрологические характеристики биологических методов. Области применения.

2.4. Хроматографические методы

2.4.1. Теоретические основы

Основные понятия. Теория равновесной хроматографии. Граничные условия применимости. Размывание хроматографических пиков и их разрешение. Уравнение Ван-Деемтера. Общие подходы к оптимизации процесса хроматографического разделения веществ: выбор системы фаз, высоты и диаметра хроматографической колонки, размеров частиц неподвижной фазы. Способы осуществления хроматографического процесса. Способы заполнения хроматографических колонок и приготовления "тонких слоев". Особенности капиллярных колонок. Способы элюирования веществ. Детектирование.

2.4.2. Газовая хроматография

Газо-адсорбционная (газо-твёрдофазная) хроматография. Изотермы адсорбции. Требования к газам-носителям и адсорбентам. Примеры используемых адсорбентов. Химическое и адсорбционное модифицирование поверхности адсорбента. Влияние температуры на удерживание и разделение. Газовая хроматография с программированным подъемом температуры. Детекторы. Примеры применения. Контроль производства.

Газо-жидкостная хроматография. Объекты исследования. Требования к носителям и неподвижным жидким фазам. Влияние при-

роды жидкой фазы и разделяемых веществ на эффективность разделения.

Высокоэффективная капиллярная газовая хроматография. Реакционная газовая хроматография. Примеры применения для идентификации веществ, для анализа сложных смесей, объектов окружающей среды.

Сверхкритическая флюидная хроматография. Сущность, особенности и отличия от газовой и жидкостной хроматографии, применение.

2.4.3. Жидкостная хроматография

Высокоэффективная жидкостная хроматография. Требования к адсорбентам и подвижной фазе. Влияние природы и состава элюента на эффективность разделения. Разновидности метода в зависимости от полярности неподвижной фазы: нормально-фазовый и обращенно-фазовый варианты. Выбор варианта в зависимости от полярности разделяемых веществ. Выбор условий разделения. Детекторы. Применение для анализа сложных смесей.

Ионообменная хроматография. Неорганические и органические ионообменники и их свойства. Комплексообразующие ионообменники. Кинетика и селективность ионного обмена. Влияние природы и состава элюента на эффективность разделения веществ. Примеры применения для концентрирования и разделения неорганических и органических ионов.

Ионная хроматография. Особенности метода. Двухколоночный и одноколоночный варианты метода. Сорбенты. Детекторы. Примеры применения.

Ион-парная хроматография. Принцип метода. Роль неподвижной фазы и вводимого в элюент противоиона. Области применения.

Эксклюзионная хроматография. Особенности механизма удерживания молекул. Характеристики сорбентов и подвижных фаз. Возможности и примеры применения. Гель-хроматография (гель-проникающая и гель-фильтрационная). Механизм разделения веществ. Характеристика гелей. Применение в органическом и неорганическом анализе.

Аффинная хроматография. Специфика аффинной хроматографии, применяемые адсорбенты. Условия проведения процесса разделения. Области применения.

2.5. Другие методы разделения и концентрирования

Теоретические основы. Процессы и реакции, лежащие в основе методов. Термодинамические и кинетические характеристики разделения и концентрирования. Классификация методов по природе процессов, числу и природе фаз, природе матрицы и концентрата. Сочетание разделения и концентрирования с методами определения. Принципы выбора метода. Маскирование и демаскирование.

Сорбционные методы. Классификация по механизму взаимодействия вещества с сорбентом, способу осуществления процесса, геометрическим признакам неподвижной фазы. Количественное описание сорбционных процессов. Сорбенты.

Экстракция. Закон распределения. Экстракция и растворимость. Основные количественные характеристики: константа распределения, коэффициент распределения, константа экстракции, фактор разделения. Классификация экстракционных процессов по типу используемого экстрагента, типу образующихся соединений, технике осуществления. Основные типы соединений, используемых в экстракции. Классы экстрагентов.

Осаждение и соосаждение. Использование неорганических и органических осадителей и соосадителей для разделения и концентрирования элементов. Виды соосаждения. Основные типы коллекторов. Органические соосадители.

Электрохимические методы. Классификация. Электровыделение (электроосаждение и электрорастворение), цементация, электрофорез изо-тахофорез.

Испарение, сублимация и родственные методы. Количественные характеристики. Классификация методов. Испарение, сублимация или отгонка, отгонка после химических превращений.

Другие методы разделения и концентрирования: управляемая кристаллизация (направленная кристаллизация и зонная плавка), пробирная плавка и другие пирометаллургические методы, флотация, мембранные методы, химические транспортные реакции, термодиффузия.

3. ХЕМОМЕТРИКА

3.1. Метрологические основы химического анализа

Химический анализ как метрологическая процедура. Аналитический сигнал. Результат анализа как случайная величина. Погрешности, способы их классификации, основные источники погрешностей в химическом анализе.

Систематические погрешности в химическом анализе. Правильность и способы проверки правильности. Постоянная (аддитивная) и пропорциональная (мультипликативная) систематическая погрешность. Систематические погрешности I, II, III рода. Законы сложения погрешностей. Релятивизация, контрольный опыт. Рандомизация.

Случайные погрешности в химическом анализе. Генеральная и выборочная совокупности результатов химического анализа. Закон нормального распределения. Статистика малых выборок. Воспроизводимость. Статистические критерии: математическое ожидание (генеральное среднее) и генеральная дисперсия случайной величины, выборочное среднее, дисперсия, стандартное отклонение, доверительная вероятность и доверительный интервал. Характер связи между значением величины и ее стандартным отклонением (абсолютным и относительным).

Возможные причины отклонения результатов анализа от нормального распределения. Распределение Пуассона. Проверка нормального закона распределения результатов анализа. Построение гистограмм распределения. Критерий Пирсона.

Статистическая обработка результатов серийных анализов. Выявление промахов. Контрольные карты. Сравнение двух (критерий Фишера) и нескольких (критерии Бартлера, Кокрена) дисперсий. Сравнение двух (критерий Стьюдента) и нескольких (критерий Фишера) средних результатов химического анализа.

Чувствительность. Коэффициент чувствительности. Предел обнаружения, нижняя граница определяемых содержаний, их статистическая оценка. Пути повышения чувствительности методик анализа.

Законы распространения систематических и случайных погрешностей. Погрешности отдельных стадий анализа и конечного результата. Применение дисперсионного анализа для оценки погрешностей отдельных стадий и операций химического анализа.

Проверка значимости выборочного коэффициента корреляции. Использование корреляционного анализа для проверки независимости двух аналитических методик.

Применение регрессионного анализа для построения градуировочных зависимостей. Способы проверки адекватности регрессионной модели. Нахождение содержания вещества по градуировочной зависимости, статистическая оценка результата.

Математическое планирование и оптимизация аналитического эксперимента. Использование дисперсионного и многомерного регрессионного анализа в планировании эксперимента. Оценка значимости факторов. Планы второго порядка. Симплекс-оптимизация.

Метрологическое обеспечение контроля состава веществ и материалов. Стандартные образцы. Аттестация и стандартизация методик. Аккредитация аналитических лабораторий.

3.2. Компьютерные методы в аналитической химии

Пути использования ЭВМ в аналитической химии: сбор, обработка, хранение и отображение результатов анализа, планирование и оптимизация экспериментов, управление аналитическими приборами, создание интегрированных устройств анализатор – ЭВМ. Базы данных, основные принципы их построения и использования.

Многомерные данные в химическом анализе. Векторы и матрицы аналитических сигналов (признаков). Первичная обработка многомерных данных: центрирование, нормирование (масштабирование), взвешивание. Корреляционная и ковариационная матрицы, их собственные векторы и собственные значения. Понятие о факторном анализе. Многомерный регрессионный анализ, многомерная градуировка. Разделение перекрывающихся аналитических сигналов и анализ многокомпонентных систем с использованием многомерного регрессионного анализа. Понятие об обусловленности матрицы, устойчивости решений, корректных и некорректных задачах. Определение числа компонентов системы по рангу матрицы аналитических сигналов. Классификация данных. Основы кластерного и дискриминантного анализа. Применение теории распознавания образов для идентификации веществ и прогнозирования условий анализа. Понятие об экспертных системах и искусственном интеллекте. Базы знаний.

Обработка нелинейных зависимостей в химическом анализе. Проблема выбора начальных приближений. Построение и использование нелинейных градуировочных зависимостей. Аппроксимация экспериментальных зависимостей, ее основные разновидности. Дифференцирование и интегрирование экспериментальных данных. Фурье-преобразование, его использование для фильтрации шумов и снижения пределов обнаружения. Расчеты химических равновесий: определение равновесных концентраций и констант равновесий.

4. АВТОМАТИЗАЦИЯ АНАЛИЗА

Автоматизация и механизация химического анализа. Автоматизация лабораторного анализа и производственного контроля. Полная и частичная автоматизация. Автоматизация периодического, дискретного анализа и непрерывного анализа в потоке. Принципы применения и средства автоматизации. Автоматизированные приборы, системы и комплексы, автоматы-анализаторы для лабораторного и производственного анализа, роботы. Примеры современных высокоэффективных аналитических приборов-автоматов (газоанализаторы, хромато-масс-спектрометры и другие спектрометры, автоматические приборы и системы для проточно-инжекционного анализа, для отбора и анализа проб космического вещества и др.).

5. АНАЛИЗ КОНКРЕТНЫХ ОБЪЕКТОВ

5.1. Аналитический цикл и стадии анализа

Выбор метода и схемы, отбор пробы, подготовка пробы (разложение, разделение, концентрирование и другие операции), получение аналитической формы, измерение аналитического сигнала, обработка результатов измерений. Взаимозаменяемость методов; оптимизация схемы анализа.

5.2. Пробоотбор и пробоподготовка

Представительность пробы: проба и объект анализа; проба и метод анализа. Отбор проб гомогенного и гетерогенного состава. Способы получения средней пробы твердых, жидких и газообразных веществ устройства и приемы, используемые при этом; первичная обработка и хранение проб, дозирующие устройства. Транспортировка. Отбор токсичных и радиоактивных проб.

Основные операции перевода пробы в форму, удобную для анализа: растворение в различных средах; спекание, сплавление, термическое разложение, разложение под давлением, при помощи высокочастотного разряда и в плазме, в присутствии окислителей (восстановителей); комбинирование различных приемов; способы устранения и учета загрязнений и потерь компонентов при пробоподготовке.

5.3. Основные объекты

Геологические объекты: минералы, горные породы, руды и продукты их переработки, уголь, нефть, газ и газовый конденсат, строительные материалы. Анализ силикатов, карбонатов, железных, никелькобальтовых, полиметаллических руд. Аналитический контроль при разведке полезных ископаемых.

Металлы, сплавы и продукты металлургической промышленности. Анализ черных, цветных, редких, благородных металлов и их сплавов. Анализ неметаллических включений, определение газообразующих примесей в металлах и легирующих компонентов в сталях и сплавах.

Материалы атомной промышленности. Определение тория, урана, плутония, трансплутониевых элементов и осколков деления.

Неорганические соединения. Минеральные удобрения. Неорганические вещества высокой чистоты (в том числе полупроводниковые материалы); определение в них примесных и легирующих микрокомпонентов. Послойный и локальный анализ кристаллов, пленочных и композиционных материалов. Определение воды в неорганических соединениях.

Органические вещества. Природные и синтетические органические вещества, элементоорганические соединения, полимеры, мономеры и сопутствующие вещества, пластмассы, синтетические и искусственные волокна, клеи, продукты нефтепереработки, горюче-смазочные материалы, кинофотоматериалы, белки, жиры, углеводы, стимуляторы роста. Пестициды. Особенности анализа органических объектов; специфические отличия от неорганических объектов.

Элементный анализ органических веществ. Определение C, H, N, S, галогенов и кислорода. Автоматические приборы для элементного анализа.

Функциональный анализ. Цель химических превращений, выбор путей и способов превращения, понятие об аналитической форме. Способы измерения аналитического сигнала. Типовые групповые реакции. Идентификация и определение структурных фрагментов и строения органических соединений (сопряженные и несопряженные кратные связи, циклические и линейные структуры, ароматические ядра, стереоизомеры).

Молекулярный анализ органических объектов. Особенности разделения органических веществ. Интерпретация аналитических откликов на групповые реакции и индивидуальные соединения. Интегральные аналитические оценки ("число омыления", "йодное число").

Определение воды в органических соединениях. Метод Фишера.

Анализ высокомолекулярных веществ. Определение средней молекулярной массы и молекулярно-массового распределения, набухания, растворимости, температурных характеристик. Структурный анализ полимеров: установление химической природы, содержания и распределения мономерных звеньев, определение характеристик упорядоченности структуры.

Анализ органических материалов. Установление фазового состава композиций. Определение основных и связующих компонентов, наполнителей, стабилизаторов. Определение следов органических веществ в различных объектах. Особенности определения металлов в органических объектах. Специфика аналитических проблем в производстве органических веществ и материалов.

Биологические и медицинские объекты. Растения, кровь, ткани, выделения человека и животных. Фармацевтические препараты, ферменты. Санитарно-гигиенический контроль. Клинический анализ. Особенности анализа таких объектов.

Пищевые продукты. Определение основных компонентов (жиры, белки, углеводы и другие) и примесей. Предельно-допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в продуктах питания. Обзор методов анализа.

Объекты окружающей среды: воздух, природные и сточные воды, почвы, донные отложения. Основные источники загрязнений и основные загрязнители. Требования по чистоте; ПДК и их связь с чувствительностью методов. Обзор методов анализа объектов окружающей среды, сравнение их по чувствительности, продолжительности, экономичности, доступности. Тест-методы.

Специальные объекты: токсичные и радиоактивные, взрывчатые и легковоспламеняющиеся вещества, газы, космические и археологические объекты.

Методические материалы для проведения процедур оценивания результатов обучения

Кандидатский экзамен проводится по билетам, каждый из которых включает теоретические вопросы и практическое контрольное задание (ПКЗ). Для подготовки ответа аспирант (соискатель ученой степени) использует экзаменационные листы, которые сохраняются после приема экзамена в течение года. На каждого соискателя ученой степени заполняется протокол приема кандидатского экзамена, в который вносятся вопросы билетов и вопросы, заданные соискателю членами комиссии. Уровень знаний соискателя ученой степени оценивается на «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно». Протокол приема кандидатского экзамена подписывается членами комиссии с указанием их ученой степени, ученого звания, занимаемой должности и специальности согласно номенклатуре специальностей научных работников. В ходе экзамена, проводимого в форме индивидуального собеседования, оценивается степень сформированности «знаниевой» компоненты компетенции УК-2 (именно - знание методов научно-исследовательской деятельности) и ПК-2 (знание современного состояния науки в области аналитической химии). Частично сформированность умения выбирать и применять в профессиональной деятельности экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследования (ОПК-1) проверяется при выполнении ПКЗ, их оценка учитывается как одна из составляющих общей оценки экзамена кандидатского минимума.

Рабочая программа дисциплины (модуля)

1. Код и наименование дисциплины (модуля) **Современная органическая химия**

2. Уровень высшего образования – подготовка научно-педагогических кадров в аспирантуре.

3. Направление подготовки 04.06.01 Химические науки. Направленность программы **Органическая химия**.

4. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП

Вариативная часть ООП, обязательная дисциплина, которую учащийся должен освоить для сдачи экзамена кандидатского минимума (4 семестр 2 год обучения)

5. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

Формируемые компетенции (код компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)
УК-2	31 (УК-2) Знать методы научно-исследовательской деятельности
ОПК-1	У1 (ОПК-1) Уметь выбирать и применять в профессиональной деятельности экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследования
ПК-3	31 (ПК-1) Знать современное состояние науки в области органической химии

6. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся:

Объем дисциплины (модуля) составляет 3 зачетных единицы, всего 108 часов, из которых 84 часа составляет контактная работа аспиранта с преподавателем (54 часа занятия лекционного типа, 10 часов занятия семинарского типа (семинары, научно-практические занятия, лабораторные работы и т.п.), 8 часов групповые консультации, 8 часов индивидуальные консультации, 4 часов мероприятия текущего контроля успеваемости, 4 мероприятия промежуточной аттестации), 24 часов составляет самостоятельная работа аспиранта.

7. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия.

Общий курс органической химии, Синтетические методы органической химии, Введение в стереоселективный синтез, Стратегия органического синтеза, Методы органической химии в создании лекарств, Химия гетероциклических соединений, Физико-химические методы, знание физико-химических методов исследования структуры органических соединений, в том числе на молекулярном и наноуровне.

8. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических или астрономических часов и виды учебных занятий

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе								
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них						Самостоятельная работа обучающегося, часы из них		
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Групповые консультации	Индивидуальные консультации	Учебные занятия, направленные на проведение текущего контроля успеваемости, коллоквиумы, практические контрольные занятия и др)*	Всего	Выполнение домашних заданий	Подготовка рефератов и т.п..	Всего
Блок 1. Теоретические основы органической химии.		10	2		1	1	14	4		4
Блок 2. Исследование механизмов органических реакций. Интермедиаты.		14	2		1	1	18	4		4

Блок 3. Молекулярная фотофизика и фотохимия		6			1	1	8	4		4
Блок 4. Создание связей углерод-углерод.		12	2			2	16	4		4
Блок 5. Создание связи углерод-гетероатом. Реакции окисления и восстановления.		4	2	2		1	9	2		2
Блок 6. Растворители в органической химии.		2			1	1	4	2		2
Блок 7. Химия природных соединений		2				1	3	2		2
Блок 8. Органические материалы.		4	2	2		1	9	2		2
Промежуточная аттестация зачет										
Итого		54	10	4	4	8	84	24		24

9. Учебно-методические материалы для самостоятельной работы аспирантов.

- Ключевые учебники: Реутов-Курц-Бутин, Смит-Бочков-Кэйпл, Марч, Кери-Сандберг, Clayden-Greeves-Warren-Wothers,.

10. Ресурсное обеспечение:

- Ключевые монографии (Comprehensive.... Classics in....).

- Ключевые обзоры и сборники (Topics in Current Chemistry. Topics in Stereochemistry. Structure and Bonding. Tetrahedron Reports on Organic Chemistry. Chemical Reviews. Chemical Society Reviews. Accounts of Chemical Research. Pure and Applied Chemistry. Успехи химии. Annual Reports on.... Progress in... Advances in....).
- Базы данных. Chemical Abstracts (SciFinder, практические занятия). CCDC (Кэмбриджский банк структурных данных). Web of Science.
- Основные издательства (МАИК, ACS, RSC, Wiley, Elsevier, Springer), журналы. Работа с ними в сети Интернет.
- Органические реакции. Тайльхаймер. Ларок. Физер. СОП (OS). Работа с ними в сети Интернет.
- Доступные полезные интернет-ресурсы по преподаванию органической химии. «David Evans. Chemistry 206». «Phil Baran. Seminars». «Rizzo». «Boger»
- Кабинет дистанционного обучения химического факультета (№210). Помещение оснащено 22 персональными компьютерами для учащихся, управляющим компьютером для преподавателя, кодоскопом, проектором для показа слайдов, телевизионным экраном и интерактивной доской

11. Язык преподавания.
Русский

12. Преподаватель (преподаватели).
Профессор, доктор химических наук Вацадзе Сергей Зурабович, szv@org.chem.msu.ru

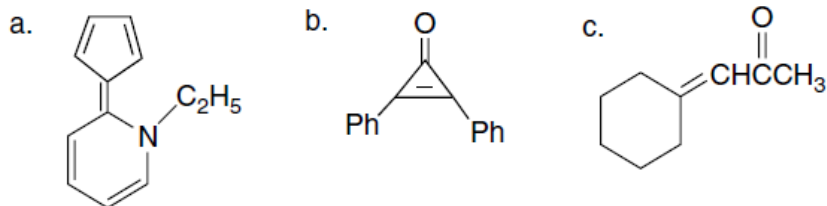
Фонды оценочных средств, необходимые для оценки результатов обучения

1. Планируемые результаты обучения для формирования компетенций п.5 и соответствующие им критерии оценивания приведены в Приложении 8.

2. Варианты ПКЗ для контроля усвоения материала
ПКЗ № 1-2.
Тема: орбитали, строение органических соединений,

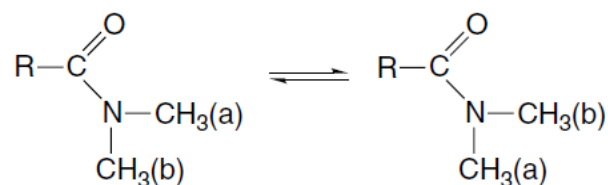
Электронное строение органических соединений

1.3. Какие физические свойства (спектры поглощения, длины связей, дипольные моменты и пр.) следует применить для получения доказательств наличия резонансных взаимодействий (=сопряжения) в этих молекулах. Какие отклонения от «стандартных» значений Вы ожидаете?



1.4. Выполните следующие задания на свойства амидов.

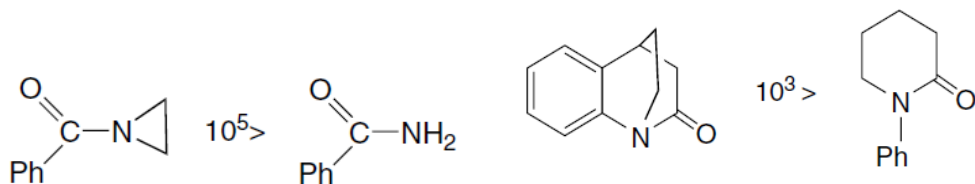
а. Карбоксамиды обладают барьером вращения вокруг C-N связи порядка 20 ккал/моль.



Предложите объяснение на основе теории резонанса и теории МО.

б. Полученное в газовой фазе значение барьера вращения в N,N-диметилформамиде равно 19.4 ккал/моль, что на 0.5 ккал/моль меньше, чем в растворе. Как эти данные можно связать с полученным Вами объяснением в п. а.?

с. Предложите объяснение разнице в относительных скоростях щелочного гидролиза этих формамидов.

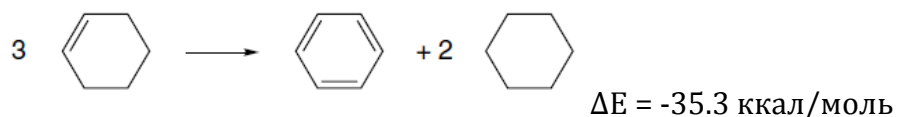


1.6. Ознакомьтесь с данными по теплотам гидрирования ненасыщенных восьмичленных циклических углеводородов.

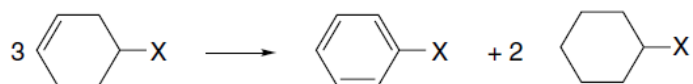
Соединение	ΔH_{H_2} , ккал/моль
Z,Z,Z,Z-1,3,5,7-Циклооктатетраен	97.06
Z,Z,Z-1,3,5-Циклооктатриен	76.39
Z,Z,Z-1,3,6-Циклооктатриен	79.91
Z,Z-1,3-Циклооктадиен	48.96
Z,Z-1,4-Циклооктадиен	52.09
Z,Z-1,5-Циклооктадиен	53.68
Z-Циклооктен	22.98
E-Циклооктен	32.24

- а) Обсудите разницу в значениях, используя значение теплоты гидрирования *цис*-двойной связи, равное 27.4 ккал/моль.
- б) Полагая энергию напряжения циклооктана равной 9.3 ккал/моль, рассчитайте энергии напряжения каждого из приведенных соединений
- с) Какую роль играет сопряжение двойных связей в определении конкретных теплот гидрирования?
- д) На основании полученных данных можно ли сказать, приводит ли сопряжение к стабилизации или дестабилизации циклооктатетраена?

1.7. Для вычисления энергии резонансной стабилизации бензола по отношению к циклогексену удобной изодесмической реакцией является следующая:



Аналогичный подход может быть применен к замещенным бензолам:



X	ΔE , ккал/моль
H	-35.3
CH ₃	-35.8
CH ₃ CH ₂	-36.1
CH ₂ =CH	-38.1
HC≡C	-37.3
H ₂ N	-39.5

Как полученные данные, характеризующие электронные эффекты заместителей, соотносятся с качественным ожиданием на основе концепции резонанса? Как данные по стабилизации в случае заместителя коррелируют с вычисленными данными по двойным связям (стр. 52)?

Stabilization (kcal/mol)		
Substituent	HF/4-31G	HF/6-31G**
CH ₃	3.2	3.05
NH ₂	11.2	7.20
OH	6.6	6.43
OCH ₃	6.1	
F		0.99
Cl		-0.54
CH=O	4.5	
CN	2.4	
CF ₃	-2.5	

1.8. Объяснение влияние заместителей (и оценку соответствующих электронных эффектов) на кислотность замещенных карбоновых кислот обычно связывают с: (а) способностью заместителя стабилизировать отрицательный заряд аниона кислоты; (б) эффектами сольватации этого аниона. Однако необходимо принимать во внимание также и влияние на недиссоциированную кислоту. Ниже приведены значения энергии кислот и их анионов в газовой фазе и результирующие значения ΔG для ионизации в газовой фазе.

X	Acid, E_{gas}	Anion, E_{gas}	ΔG (kcal/mol)
H	-189.551612	-189.005818	342.49
CH ₃	-228.792813	-228.241528	345.94
ClCH ₂	-687.945725	-687.414262	333.50
NCCH ₂	-320.909115	-320.386960	327.66
(CH ₃) ₃ C	-346.481196	-345.936639	341.71

Используя эти данные и данные следующей таблицы, попробуйте проанализировать влияние сольватации и собственно стабилизации аниона на наблюдаемую кислотность.

Calculated Solvation Energies CPCM/HF/6-31+G(d) (kcal/mol)

X-CO ₂ H	HA	Exp	A ⁻	Experimental
H	-8.23		-77.10	
CH ₃	-7.86	-6.69	-77.58	-77
ClCH ₂	-10.61		-70.57	
NCCH ₂	-14.52		-69.99	
(CH ₃) ₃ C	-6.70		-72.42	

Table 1.12. Calculated pK_a Relative to Acetic Acid^a

X-CO ₂ H	CBS-4	CBS-QB3	G-2	G2(MP2)	G3	Experimental
H	2.46	3.10	3.83	3.88	4.02	3.75
CH ₃ ^b	[4.75]	[4.75]	[4.75]	[4.75]	[4.75]	4.75
ClCH ₂	3.30	2.92	3.37	3.37	3.18	2.85
NCCH ₂	1.38	1.90	2.31	2.32	1.90	2.45
(CH ₃) ₃ C	5.08	4.75	6.28	6.24	6.20	5.03

a. CPCM/HF/6-31+G(d) continuum solvent model

b. Reference standard.

1.9. Производные циклических аминов типа пиперидина обнаруживают существенное различие в свойствах аксиальных и экваториальных С-Н-связей при атомах С(2) и С(6). Аксиальные С-Н-связи *слабее* экваториальных, что следует из сдвигов полос валентного колебания в ИК-спектрах. Сигналы аксиальных протонов проявляются в ПМР-спектрах в более сильном поле. Аксиально расположенные метильные группы при атомах С(2) и С(6) *понижают* потенциал ионизации (ПИ) неподеленной пары электронов атома азота по сравнению с экваториальными. Обсудите указанные эффекты с позиций теории МО.

1.10. Постройте качественную картину диаграмм МО для следующих систем и обсудите как изменяются π-МО введенным заместителем:

- винилфторид – ср. с этиленом;
- пропеналь – ср. с этиленом;
- акрилонитрил – ср. с этиленом;
- пропен – ср. с этиленом;
- бензильный катион – ср. с бензолом;
- фторбензол – ср. с бензолом.

1.11. В простом методе МО Хюккеля предполагается, что орбитали, расположенные не на соседних атомах, не взаимодействуют. Концепция *гомосопряжения* предполагает, что такие орбитали могут взаимодействовать, особенно в жесткой структуре, где они направлены друг на друга. Обсудите норборнадиен (бицикло[2.2.1]гепта-2,5-диен):

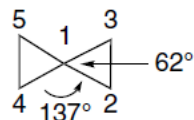


- постройте диаграммы МО двойных связей по методу Хюккеля с соотв. энергиями;
- постройте качественную диаграмму МО, которые возникают в случае существенного перекрытия орбиталей при C(2)-C(6) и C(3)/C(5);
- потенциалы ионизации некоторых 2-замещенных норборнадиенов приведены ниже (в эВ). Оба значения относятся к π-системам. Используя теорию возмущения молекулярных орбиталей (ВМО), проанализируйте эффекты заместителей на ПИ. С помощью качественной картины МО покажите, как заместитель взаимодействует с двойной связью и как это отражается в итоге на значении ПИ.

X	ПИ ₁	ПИ ₂
H	8.69	9.55
MeO	8.05	9.27
CN	9.26	10.12

1.12. Spiropentane обладает необычным напряжением и гибридизацией. Обсудите следующие его особенности:

- энергия напряжения спиропентана (62.5 ккал/моль) более, чем в два раза превышает соответствующее значения циклопропана (27.5 ккал/моль). Предложите объяснение;
- структура спиропентана была определена методом РСА. Эндоциклические углы при спиро-атоме углерода равны 62°, валентные углы между C-C-связями соседних колец равны 137°. Как можно объяснить значение энергии напряжения с помощью анализа состояния гибридизации атомов углерода – используйте приведенные значения углов?



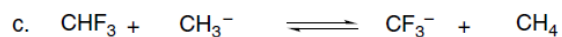
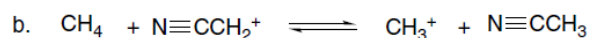
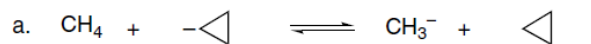
- Доля s-характера связи C-C может быть оценена из КССВ ^{13}C - ^{13}C при помощи уравнения:

$$J_{\text{Ci-Cj}} = K(s_i)(s_j)$$

где K – константа, равная 550 Гц, s – фракционный s-характер каждого из двух атомов.

В спиропентане КССВ между C(1) и C(3) равна 20.2 Гц, КССВ между C(2) и C(3) равна 7.5 Гц. Рассчитайте s-характеры связей C(1)-C(3) и C(2)-C(3).

1.13. Объясните, будут ли указанные газофазные реакции термодинамически выгодными:

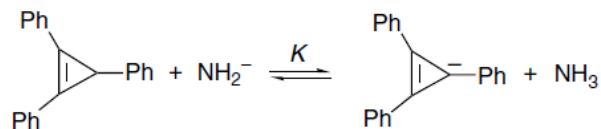
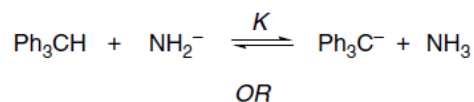


1.14. Для каждой пары реакции сделайте предположения, какая идет с большей скоростью или на большую глубину превращения:

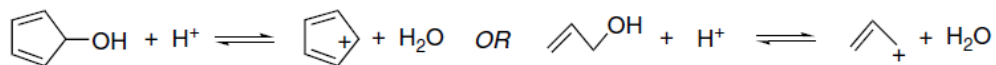
a.



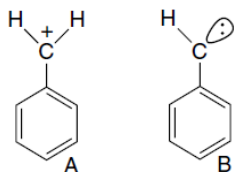
b.



c.



1.15. Расчеты показывают, что для бензильного катиона (**A**) степень двоевязности экзоциклической связи существенно больше, чем для синглетного фенилкарбена (**B**). Объясните эту разницу в терминах теории ВС и теории МО.



3. 2. ПРОГРАММА-МИНИМУМ кандидатского экзамена по специальности 02.00.03 «Органическая химия» по химическим, физико-математическим и техническим наукам

Настоящая программа базируется на основополагающих разделах органической химии, включая теоретические проблемы строения и реакционной способности органических соединений, методы синтеза основных классов органических веществ, аналитические методы контроля и идентификации химических соединений, информационно-поисковые системы в органической химии, технику экспериментальных исследований и экологические аспекты органического синтеза.

Программа разработана экспертным советом Высшей аттестационной комиссии Министерства образования Российской Федерации по химии (по органической химии) при участии Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета) и Санкт-Петербургского государственного университета.

I. Закономерности строения и реакционного поведения органических соединений

1. Химическая связь и строение органических соединений

1.1. Современные представления о природе химической связи.

Электронные представления о природе связей. Типы связей в органической химии. Гибридизация атомов углерода и азота. Электронные эффекты. Электроотрицательность атомов и групп.

Основные положения квантовой химии. Атомные и молекулярные орбитали. Приближение МО-ЛКАО. Метод МО Хюккеля и более строгие квантово-химические методы расчета. Понятие о полуэмпирических методах, основанных на приближении Хартри—Фока (MNDO, AM1, PM3 и др.). Методы *ab initio*. Метод функционала плотности (DFT). Компромиссные подходы (локализованные связи, гибридизация, частичный учет делокализации электронов на примере π - π^* -приближения).

Теория возмущений МО. Возмущения первого и второго порядков. Индексы реакционной способности. Метод граничных орбиталей. Зарядовый и орбитальный контроль органических реакций.

Понятие о резонансе (сопряжении) в классической и квантовой химии. Сопряжение в методе МО Хюккеля. Концепция ароматичности. Правило Хюккеля. Мезоионные соединения. Антиароматичность.

1.2. Стереохимия. Пространственное строение органических молекул. Пространственное взаимодействие несвязанных атомов и групп, ван-дер-ваальсовы радиусы.

Понятие о конформации молекулы. Вращение вокруг связей: величины и симметрия потенциальных барьеров. Факторы, определяющие энергию конформеров. Влияние эффектов сопряжения на стабильность конформеров. Номенклатура конформеров. Угло-

вое напряжение и другие типы напряжения в циклических системах. Средние циклы и трансаннулярные взаимодействия. Инверсия циклов и азотсодержащих соединений.

Связь конформации и реакционной способности. Принцип Кертина—Гаммета. Стерический и стереоэлектронный контроль реакций. Стереоселективность и стереоспецифичность.

Пространственное строение этиленовых и диеновых систем. Номенклатура геометрических изомеров. Конформация диенов и триенов. Атропоизомерия.

Энантиомерия. Асимметрия и хиральность. Эквивалентные, энантиотопные и диастереотопные группы; их проявление в химическом поведении молекул в хиральных и ахиральных средах и спектрах ЯМР. Номенклатура оптических антиподов. Неуглеродные атомы как центры хиральности.

Способы получения и разделения энантиомеров. Оптическая чистота и методы ее определения. Определение абсолютной и относительной конфигурации. Понятие о дисперсии оптического вращения и круговом дихроизме.

2. Общие принципы реакционной способности

2.1. Классификация реакций по типу образования и разрыва связей в лимитирующей стадии, по типу реагента и по соотношению числа молекул реагентов и продуктов.

Теория переходного состояния. Гиперповерхность потенциальной энергии, координата и энергетический профиль реакции. Термодинамические параметры активации. Кинетические уравнения основных типов реакций. Методы экспериментального изучения кинетики и механизмов реакций. Метод стационарного состояния (принцип Боденштейна). Постулат Хэммонда.

Эмпирический (экстратермодинамический) подход к реакционной способности. Корреляционные уравнения, принцип линейности свободных энергий Гиббса. Уравнения Гаммета и Тафта. Связь параметров корреляционных уравнений с механизмом реакций. Принцип ЖМКО; его обоснование на основе теории возмущений МО.

2.2. Количественная теория кислот и оснований. Кислоты Бренстеда и Льюиса. Кислотно-основное равновесие. Понятие рН. Кинетическая и термодинамическая кислотность. Уравнение Бренстеда. Общий и специфический кислотно-основный катализ. Суперкислоты. Функции кислотности. Постулат Гаммета.

2.3. Влияние среды на скорости и равновесие органических реакций. Специфическая и неспецифическая (универсальная) сольватация. Клеточный эффект. Водородная связь. Классификация и шкалы параметров растворителей. Влияние сольватации на скорость и равновесие органических реакций. Уравнения Уинштейна и Грюнвальда, Коппеля-Пальма. Кислотность и основность в газовой фазе.

Ассоциация ионов. Типы ионных пар и доказательства их существования. Влияние ассоциации ионов на их реакционную способность. Уравнение Акри.

Межфазный катализ. Краун-эфиры, криптанды, поданды, катализаторы межфазного переноса. Понятие о супрамолекулярной химии.

2.4. Основные типы интермедиатов.

Карбениевые ионы (карбокатионы). Генерация карбокатионов в растворах и в газовой фазе. Влияние структурных и сольватационных факторов на стабильность карбокатионов. Строение карбокатионов. Понятие о неклассических ионах. Основные типы ре-

акций карбокатионов и области их синтетического использования. Скелетные перегруппировки и гидридные сдвиги в карбокатионах.

Карбанионы и СН-кислоты. Влияние структурных и эффектов среды на стабилизацию карбанионов. Основные реакции карбанионов, анионные перегруппировки. Амбидентные и полиидентные анионы. Карбены. Электронная структура, синглетное и триплетное состояние карбенов. Методы генерации карбенов и использование их в органическом синтезе. Нитрены, их генерация, строение и свойства.

Свободные радикалы и ион-радикалы. Методы генерирования радикалов. Электронное строение и факторы стабилизации свободных радикалов. Типы стабильных свободных радикалов. Основы методов ЭПР и ХПЯ. Катион- и анион-радикалы. Методы генерирования и свойства. Основные реакции ион-радикалов. Комплексы с переносом заряда.

3. Основные типы органических реакций и их механизмы

3.1. Нуклеофильное замещение в алифатическом ряду. Механизмы S_N1 и S_N2 , смешанный ионно-парный механизм. Влияние структуры субстрата и полярности растворителя на скорости и механизм реакции. Анхимерное содействие и синергетическое ускорение, участие соседних групп, перегруппировки в ходе нуклеофильного замещения. Корреляционные уравнения Суэйна—Скотта и Эдвардса.

3.2. Нуклеофильное замещение при кратной углерод-углеродной связи и в ароматическом ядре. Типичные механизмы нуклеофильного замещения у sp^2 -гибридного атома углерода. Винильный катион. Моно- и бимолекулярные процессы нуклеофильного замещения в ароматическом ряду. Катализ переходными металлами. Нуклеофильное замещение в нитропроизводных бензола. Нуклеофильное замещение водорода (викариозное замещение). Комплексы Мейзенхаймера. Нуклеофильное замещение в ароматических гетероциклах. Кине-замещение.

3.3. Электрофильное замещение у атома углерода. Механизмы замещения S_E1 , S_E2 , S_{Ei} . Нуклеофильный катализ электрофильного замещения. Влияние структуры субстрата и эффектов среды на скорость и направление реакций. Замещение у олефинового атома углерода и в ароматическом кольце. Генерирование электрофильных реагентов. Правила ориентации и их молекулярно-орбитальная интерпретация. Электрофильное замещение других групп, кроме водорода. Ипсо-замещение. Кинетические изотопные эффекты.

3.4. Реакции элиминирования (отщепления). Механизмы гетеролитического элиминирования $E1$ и $E2$. Стереoeлектронные требования и стереоспецифичность при $E2$ -элиминировании. Термическое син-элиминирование.

3.5. Присоединение по кратным углерод-углеродным связям. Электрофильное присоединение. Сильные и слабые электрофилы, механизм и стереохимия присоединения, регио- и стереоселективность реакций. Присоединение к сопряженным системам. Катионная полимеризация олефинов. Нуклеофильное присоединение по кратным связям $C\equiv C$. Механизм процесса. Влияние структуры нуклеофила и субстрата и эффектов среды на скорость и направление реакции. Реакция Михаэля. Анионная полимеризация олефинов.

3.6. Нуклеофильное присоединение к карбонильной группе: присоединение оснований, включая карбанионы, металлоорганических соединений. Реакция Анри. Кислотный и основной катализ присоединения. Енолизация альдегидов и кетонов. Механизм этерификации кислот и получение ацеталей. Конденсации карбонильных соединений, карбоновых кислот и их производных. Нуклеофильное присоединение к альд- и кетиминам и карбоний-иммониевым ионам (реакция Манниха).

3.7. Перегруппировки в карбокатионных интермедиатах. Классификация перегруппировок: пинаколиновая и ретропинаколиновая, перегруппировка Демьянова. Перегруппировка Вагнера—Мейервейна. Перегруппировки с миграцией к атому азота (Гофмана, Курциуса, Бекмана). Реакция Байера—Виллигера.

3.8. Радикальные и ион-радикальные реакции присоединения, замещения и элиминирования. Цепные радикальные реакции. Полимеризация, теломеризация, реакции автоокисления. Ингибиторы, инициаторы и промоторы цепных реакций. Редокс-реакции. Электросинтез органических соединений.

3.9. Молекулярные реакции (*цис-транс*-изомеризация, распад молекул, размыкание циклов). Коарктатные реакции.

3.10. Согласованные реакции. Концепция сохранения орбитальной симметрии и правила Вудворда—Гофмана. Электроциклические реакции, сигматропные перегруппировки. Перициклические реакции (2+2) и (2+4)-циклоприсоединения. 1,3-диполярное циклоприсоединение.

3.11. Двойственная реакционная способность и таутомерия органических соединений. Прототропные и сигматропные перегруппировки. Правило Корнблума. Кето-енольное равновесие. Нитросоединения и нитроновые кислоты, нитрозосоединения и оксими. Металлотропия.

3.12. Основы фотохимии органических соединений. Синглетные и триплетные состояния, флуоресценция и фосфоресценция, интеркомбинационная конверсия. Основные типы фотохимических реакций. Явление фотохромизма.

4. Принципы современного органического синтеза и установления строения органических соединений

4.1. Выбор оптимального пути синтеза. Принцип ретросинтетического анализа. Линейные и конвергентные схемы синтеза. Синтоны и синтетические эквиваленты. Защита функциональных групп. Методы введения и удаления защитных групп.

4.2. Основные пути построения углеродного скелета.

4.3. Методы введения важнейших функциональных групп и пути перехода от одних функций к другим.

4.4. Элементоорганические соединения (производные фосфора, бора, кремния, меди, лития, магния, олова) в органическом синтезе. Металлокомплексный катализ.

4.5. Использование химических и физико-химических методов для установления структуры органических соединений. Спектроскопия ЯМР, ЭПР, колебательная и электронная спектроскопия, масс- и хромато-масс-спектрометрия. Газожидкостная и жидкостная хроматография, ионообменная и гельпроникающая хроматография, электрофорез. Рентгеноструктурный анализ и электронография. Рефрактометрия.

4.6. Особенности оборудования и методики проведения реакций в гетерофазных и гетерогенных системах. Современные методы обработки реакционных масс, очистки и выделения продуктов. Проведение реакций на твердых носителях. Принципы комбинаторной химии.

4.7. Техника безопасности и экологические проблемы органического синтеза. «Зеленая химия». Термохимия органических реакций. Тепловой взрыв.

5. Использование ЭВМ в органической химии и информатика

5.1. Основные представления о применении неэмпирических и полуэмпирических методов квантово-химических вычислений и расчетов методами молекулярной механики для определения электронного и пространственного строения, конформационного

состава, теплот образования, энергий напряжения и активации химических реакций, колебательных и электронных спектров, реакционной способности органических соединений.

5.2. Традиционные средства химической информации и методы их использования. Автоматизированные информационно-поисковые системы.

Понятие об эмпирических корреляциях структура-свойство (QSAR, QSPR). Спектроструктурные корреляции. Машинное планирование и поиск путей синтеза органических соединений. Метод расчленения, выбор трансформов, ретронов и синтонов, способов связывания синтонов друг с другом.

II. Синтетические методы в органической химии и химические свойства соединений

1. Алканы

1.1. Методы синтеза: гидрирование непредельных углеводородов, синтез через литийдиалкилкупраты, электролиз солей карбоновых кислот (Кольбе), восстановление карбонильных соединений.

1.2. Реакции алканов: галогенирование, сульфохлорирование. Селективность радикальных реакций и относительная стабильность алкильных радикалов. Термический и каталитический крекинг. Ионные реакции алканов в суперкислых средах (дейтериевый обмен и галогенирование).

1.3. Циклоалканы. Методы синтеза и строение циклопропанов, циклобутанов, циклопентанов и циклогексанов. Синтез соединений со средним размером цикла (ацилиновая конденсация). Типы напряжения в циклоалканах и их подразделение на малые, средние и макроциклы. Конформационный анализ циклогексана, моно- и дизамещенных циклогексанов; аксиальные и экваториальные связи. Влияние конформационного положения функциональных групп на их реакционную способность в ряду производных циклогексана на примере реакций замещения, отщепления и окисления. Реакции расширения и сужения циклов при дезаминировании первичных аминов (Демьянов). Сужение цикла в реакции Фаворского (2-галогенциклоалканоны).

2. Алкены

2.1. Методы синтеза: элиминирование галогеноводородов из алкилгалогенидов, воды из спиртов. Синтез алкенов из четвертичных аммониевых солей (Гофман), N-окисей третичных аминов (Коуп). Стереоселективное восстановление алкинов. Стереоселективный синтез *цис*- и *транс*-алкенов из 1,2-диолов (Кори, Уинтер). Региоселективный синтез алкенов из тозилгидразонов (Шапи-ро). Реакция Виттига как региоспецифический метод синтеза алкенов. Основания, используемые в реакции. Стабилизированные и нестабилизированные илidy. Стереохимия реакции. Хемоселективность реакции Виттига. Получение эфиров алкилфосфоновых кислот (Михаэль—Арбузов) и их использование в синтезе алкенов (вариант Виттига—Хорнера—Эммонса). Область применения реакции.

2.2. Реакции алкенов: электрофильное присоединение галогенов, галогеноводородов, воды. Процессы, сопутствующие Ad_E -реакциям: сопряженное присоединение, гидридные и алкильные миграции. Гидрокси- и алкоксимеркурирование. Регио- и стереоселективное присоединение гидридов бора. Региоспецифические гидроборирующие агенты. Превращение борорганических соединений в алканы, спирты, алкилгалогениды. Окисление алкенов до оксиранов (Прилежаев). Понятие об энантиомерном эпокси-дировании алкенов по Шарплесу (в присутствии изопропилата титана и эфира L-(+)-винной кислоты). *Цис*-гидроксилирование алкенов по Вагнеру ($KMnO_4$) и Криге (OsO_4). Окисление алкенов галогеном в присутствии солей серебра: *цис*-(Вудворт) и *транс*-(Прево) гидроксилирование. Радикальные реакции алкенов: присоединение бромистого водорода по Харацу, сероводорода и тио-

лов. Аллильное галогенирование по Циглеру. Внутримолекулярная радикальная циклизация 6-галогеналканов при действии трибутилоловогидрида. Гетерогенное гидрирование: катализаторы, каталитические яды. Гидрогенолиз связей углерод-гетероатом. Гомогенное гидрирование: катализаторы, механизм. Региоселективность гомогенного гидрирования. Присоединение синглетных и триплетных карбенов к алкенам. Карбеноиды, их взаимодействие с алкенами.

3. Алкины

3.1. Методы синтеза: отщепление галогеноводородов из дигалогенидов, реакция 1,2-дигидразонов с оксидом ртути (II) и тетраацетатом свинца. Усложнение углеродного скелета алкинов: реакции ацетиленидов натрия и меди, магнийорганических производных алкинов. Конденсация алкинов-1 с кетонами и альдегидами (Фаворский, Реппе).

3.2. Реакции алкинов. Галогенирование, гидрогалогенирование, гидратация (Кучеров). Ацетилен-алленовая изомеризация. Смещение тройной связи в терминальное положение. Окислительная конденсация терминальных алкинов в присутствии солей меди.

4. Алкадиены

4.1. Методы синтеза 1,3-диенов: дегидрирование алканов, синтез Фаворского—Реппе, кросс-сочетание на металлокомплексных катализаторах.

4.2. Реакции 1,3-диенов: галогенирование и гидрогалогенирование, 1,2- и 1,4-присоединение. Реакция Дильса—Альдера с алкенами и алкинами, ее типы: карбо-реакция, гетеро-реакция. Диены и диенофилы. *o*-хинодиметаны в качестве диенов. Катализ в реакции Дильса—Альдера. Стереохимия реакции. Региоселективность [4+2]-циклоприсоединения в случае несимметричных диенов и диенофилов. Ретро-реакция Дильса—Альдера. Применение силоксидиенов в синтезе алициклов и гетероциклов.

5. Спирты и простые эфиры

5.1. Методы синтеза одноатомных спиртов: из алкенов, карбонильных соединений, сложных эфиров и карбоновых кислот.

5.2. Реакции одноатомных спиртов: замещение гидроксильной группы в спиртах на галоген (под действием галогеноводородов, галогенидов фосфора и хлористого тионила). Реагенты регио- и стереоселективного замещения (комплексы трифенилфосфина с галогенами и четыреххлористым углеродом). Дегидратация спиртов. Окисление первичных и вторичных спиртов. Реагенты окисления на основе соединений хрома (VI), диоксида марганца и диметилсульфоксида (методы Моффета и Сверна).

5.3. Методы синтеза и реакции двухатомных спиртов. Окислительное расщепление 1,2-диолов (иодная кислота, тетраацетат свинца). Пинаколиновая перегруппировка.

5.4. Методы синтеза простых эфиров: реакция Вильямсона, алкоксимеркурирование спиртов.

5.5. Реакции простых эфиров: образование оксониевых солей, расщепление кислотами.

5.6. Гидропероксиды. Краун-эфиры, их получение и применение в синтезе.

5.7. Оксираны. Способы получения. Раскрытие оксиранового цикла под действием электрофильных и нуклеофильных агентов.

6. Альдегиды и кетоны

6.1. Методы получения альдегидов и кетонов: из спиртов, производных карбоновых кислот, алкенов (озонолиз), алкинов (гидроборирование), на основе металлоорганических соединений. Ацилирование и формилирование аренов.

6.2. Реакции альдегидов и кетонов: присоединение воды, спиртов, тиолов. 1,3-Дитианы и их использование в органическом синтезе. Обращение полярности C=O-группы. Получение бисульфитных производных и циангидринов. Взаимодействие альдегидов и кетонов с илидами фосфора (Виттиг) и серы. Взаимодействие альдегидов и кетонов с азотистыми основаниями. Перегруппировка

Бекмана. Взаимодействие альдегидов и кетонов с металлоорганическими соединениями. Енамины, их алкилирование и ацилирование. Альдожно-кетоновая конденсация альдегидов и кетонов как метод усложнения углеродного скелета. Направленная альдольная конденсация разноименных альдегидов с использованием литиевых и кремниевых эфиров енолов. Конденсация альдегидов и кетонов с малоновым эфиром и другими соединениями с активной метиленовой группой (Кневенагель). Аминометилирование альдегидов и кетонов (Манних). Бензоиновая конденсация. Конденсация с нитроалканами (Анри). Восстановление альдегидов и кетонов до спиртов, реагенты восстановления. Дезоксигенирование альдегидов и кетонов: реакции Клемменсена и Кижнера—Вольфа. Окисление альдегидов, реагенты окисления. Окисление кетонов надкислотами по Байеру—Виллигеру.

6.3. α , β -непредельные альдегиды и кетоны. Методы получения: конденсации, окисление аллиловых спиртов. Реакция 1,2- и 1,4-присоединения литийорганических соединений, триалкилборанов, диалкил- и диарилкупратов, цианистого водорода, галогеноводородов. Эпоксидирование α , β -непредельных кетонов. Сопряженное присоединение енолятов и енаминов к α , β -непредельным альдегидам и кетонам (Михаэль). Доноры и акцепторы Михаэля. Катализаторы реакции, ее обратимость. Ретро-реакция. Реакции анелирования. Вариант Робинсона. Использование α -хлоркетонов и производных оснований Манниха. α -силилированные винилкетоны (Сторк) и енамины в реакциях анелирования.

7. Карбоновые кислоты и их производные

7.1. Методы синтеза кислот: окисление первичных спиртов и альдегидов, алкенов, алкинов, алкилбензолов, гидролиз нитрилов и других производных карбоновых кислот, синтез на основе металлоорганических соединений, синтеза на основе малонового эфира.

7.2. Реакции карбоновых кислот: галогенирование по Гелю-Фольгардту-Зелинскому, пиролитическая кетонизация, электролиз по Кольбе, декарбоксилирование по Хунсдиккеру.

7.3. Методы получения производных карбоновых кислот: галогенангидридов, ангидридов, сложных эфиров, нитрилов, амидов. Кетены, их получение и свойства.

7.4. Реакции производных карбоновых кислот: взаимодействие с нуклеофильными реагентами (вода, спирты, аммиак, амины, металлоорганические соединения). Восстановление галогенангидридов до альдегидов по Розенмунду и комплексными гидридами металлов. Взаимодействие галогенангидридов с диазометаном (реакция Арндта-Эйстерта). Восстановление сложных эфиров до спиртов и альдегидов, нитрилов – до аминов и альдегидов комплексными гидридами металлов. Малоновая кислота: синтезы с малоновым эфиром, реакция Михаэля, конденсации с альдегидами (Кневенагель). Сложноэфирная и ацилоиновая конденсации. Особенности эфиров двухосновных кислот (образование карбоциклов) в этих реакциях. Сложные эфиры α -галогенокислот в реакциях Реформатского. Ацетоуксусный эфир и его использование в синтезе.

7.5. Методы синтеза α , β -непредельных карбоновых кислот: дегидратация гидроксикислот, реакции Кневенагеля, Виттига, Перкина (синтез коричных кислот). Реакции присоединения по двойной связи. Бром- и иодо-лактонизация α , β -непредельных карбоновых кислот.

8. Синтетическое использование реакций электрофильного замещения в ароматическом ряду

Классификация реакций ароматического электрофильного замещения. Влияние заместителей в бензольном кольце на скорость и направление электрофильного замещения. Согласованная и несогласованная ориентация.

8.1. Нитрование. Нитрующие агенты. Механизм реакции нитрования. Нитрование бензола и его замещенных. Нитрование бифенила, нафталина, ароматических аминов и фенола. Получение полинитросоединений. Ипсо-атака и ипсо-замещение в реакциях нитрования. Восстановление нитро-группы в различных условиях.

8.2. Галогенирование. Галогенирующие агенты. Механизм галогенирования аренов и их производных.

8.3. Сульфирование. Сульфирующие агенты. Кинетический и термодинамический контроль реакции (сульфирование фенола и нафталина). Превращение сульфогруппы.

8.4. Алкилирование аренов по Фриделю-Крафтсу. Алкилирующие агенты. Механизм реакции. Полиалкилирование. Побочные процессы: изомеризация алкилирующего агента и конечных продуктов. Синтез диарил- и триарилметанов.

8.5. Ацилирование аренов. Ацилирующие агенты. Механизм реакции. Региоселективность ацилирования. Особенности ацилирования фенолов, перегруппировка Фриса. Формилирование по Гаттерману-Коху, Гаттерману и Вильсмейеру. Область применения этих реакций.

9. Нитросоединения и амины

9.1. Нитроалканы. Синтез из алкилгалогенидов. Кислотность и таутомерия нитроалканов. Конденсация с карбонильными соединениями (Анри). Восстановление в амины. Превращение вторичных нитроалканов в кетоны (Мак-Марри).

9.2. Методы получения аминов: алкилирование аммиака и аминов по Гофману, фталимида калия (Габриэль), восстановление азотсодержащих производных карбонильных соединений и карбоновых кислот, нитросоединений, алкилазидов. Перегруппировки Гофмана и Курциуса. Синтез аминов с третичным алкильным радикалом (Риттер), взаимодействие альдегидов и кетонов с формиадом аммония (Лейкарт).

9.3. Реакции аминов. Алкилирование и ацилирование. Термическое разложение гидроксидов тетраалкиламмония по Гофману. Окисление третичных аминов до N-оксидов, их термолиз (Коуп). Получение нитронов из N,N-диалкилгидроксиаминов. Реакции [3+2]-циклоприсоединения нитронов (образование пятичленных азотистых гетероциклов).

10. Методы синтеза и реакции ароматических гетероциклических соединений

10.1. Пятичленные гетероциклы с одним гетероатомом. Фуран, пиррол, тиофен. Синтез из 1,4-дикарбонильных соединений (Паль—Кнорр). Синтез пирролов по Кнорру и по Ганчу. Синтез 3,4-дизамещенных тиофенов по Хинсбергу. Реакции электрофильного замещения в пятичленных ароматических гетероциклах: нитрование, сульфирование, галогенирование, формилирование, ацилирование. Индол. Синтез производных индола из фенилгидразина и кетонов (Фишер). Синтез индола и его производных из 2-ациламинотолуолов (Маделунг). Реакции электрофильного замещения в пиррольном кольце индола: нитрование, формилирование, галогенирование.

10.2. Шестичленные ароматические гетероциклы с одним гетероатомом. Пиридин и хинолин. Синтез производных пиридина по Ганчу. Синтез частично гидрированных производных пиридина путем [4+2]-циклоприсоединения (гетеро-реакция Дильса—Альдера). Синтез хинолина и замещенных хинолинов из анилинов по Скраупу и Дебнеру—Миллеру. Реакции пиридина и хинолина с алкилгалогенидами. Окисление и восстановление пиридина и хинолина. Реакции электрофильного замещения в пиридине и хинолине: нитрование, сульфирование, галогенирование. N-окиси пиридина и хинолина и их использование в реакции нитрования. Нуклеофильное замещение атомов водорода в пиридине и хинолине в реакциях с амидом натрия (Чичибабин) и фениллитием. 2- и 4-метилпиридины и хинолины как метиленовые компоненты в конденсациях с альдегидами.

Методические материалы для проведения процедур оценивания результатов обучения

Кандидатский экзамен проводится по билетам, каждый из которых включает теоретические вопросы и практическое контрольное задание (ПКЗ). Для подготовки ответа аспирант (соискатель ученой степени) использует экзаменационные листы, которые сохраняются после приема экзамена в течение года. На каждого соискателя ученой степени заполняется протокол приема кандидатского экзамена, в который вносятся вопросы билетов и вопросы, заданные соискателю членами комиссии. Уровень знаний соискателя ученой степени оценивается на «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно». Протокол приема кандидатского экзамена подписывается членами комиссии с указанием их ученой степени, ученого звания, занимаемой должности и специальности согласно номенклатуре специальностей научных работников. В ходе экзамена, проводимого в форме индивидуального собеседования, оценивается степень сформированности «знаниевой» компоненты компетенции УК-2 (именно - знание методов научно-исследовательской деятельности) и ПК-3 (знание современного состояния науки в области органической химии). Частично сформированность умения выбирать и применять в профессиональной деятельности экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследования (ОПК-1) проверяется при выполнении ПКЗ, их оценка учитывается как одна из составляющих общей оценки экзамена кандидатского минимума

Рабочая программа дисциплины

1. Код и наименование дисциплины **Современная физическая химия**

2. Уровень высшего образования – подготовка научно-педагогических кадров в аспирантуре.

3. Направление подготовки 04.06.01 Химические науки. Направленность программы Физическая химия

4. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП

Вариативная часть ООП, обязательная дисциплина, которую учащийся должен освоить для сдачи экзамена кандидатского минимума (4 семестр 2 год обучения).

5. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

Формируемые компетенции (код компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)
УК-2	З1 (УК-2) Знать методы научно-исследовательской деятельности
ОПК-1	У1 (ОПК-1) Уметь выбирать и применять в профессиональной деятельности экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследования
ПК-4	З1 (ПК-1) Знать современное состояние науки в области физической химии

6. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся:

Объем дисциплины (модуля) составляет 3 зачетных единицы, всего 108 часов, из которых 90 часов составляет контактная работа аспиранта с преподавателем (72 часа - занятия лекционного типа, 6 часов групповые консультации, 6 часов мероприятия текущего контроля успеваемости, 6 мероприятия промежуточной аттестации), 18 часов составляет самостоятельная работа аспиранта.

7. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия (если есть).

В специалитете или магистратуре должны быть освоены общие курсы «Физическая химия», «Квантовая химия» и «Строение молекул».

8. Образовательные технологии.

Используются следующие технологии: лекции-демонстрации и интерактивные лекции. Преподавание дисциплин проводится в форме авторских курсов по программам, которые составлены на основе результатов исследований, полученных научными школами МГУ.

9. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических или астрономических часов и виды учебных занятий

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе								
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них						Самостоятельная работа обучающегося, часы из них		
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Групповые консультации	Индивидуальные консультации	Учебные занятия, направленные на проведение текущего контроля успеваемости коллоквиумы, практические контрольные занятия и др)*	Всего	Выполнение домашних заданий	Подготовка рефератов и т.п..	Всего
Раздел 1. Строение вещества	40	36	-	2	-	2	40	-	-	-
Тема 2. Термодинамика	22	18	-	2	-	2	22	-	-	-
Тема 3. Кинетика и катализ	22	18	-	2	-	2	22	-	-	-
Промежуточная аттестация экзамен кандидатского минимума	24		6					18		

муна										
Итого	108	72		6		6	90			18

10. Ресурсное обеспечение:

- Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная литература

1. Минкин В.И., Симкин Б.Я., Миняев Р.М. Теория строения молекул. (2 изд.) Ростов-на-Дону.: Феникс. 1997.
 2. Вилков Л.В., Пентин Ю.А. Физические методы исследования в химии. Структурные методы и оптическая спектроскопия. М.: Высш. шк. 1987.
 3. Вилков Л.В., Пентин Ю.А. Физические методы исследования в химии. Резонансные и электрооптические методы. М.: Высш. шк. 1989.
 4. Степанов Н.Ф., Пупышев В.И. Квантовая механика молекул и квантовая химия. М.: Изд-во МГУ. 1991.
- Степанов Н.Ф. Квантовая механика и квантовая химия. М.: Мир, Изд-во МГУ . 2001.

Вспомогательная литература

- Фларри Р. Квантовая химия. М.: Мир. 1985.
- Интернет-ресурсы

Раздел 2:

Основная литература

1. О.М. Полторак. Химическая термодинамика.
2. Н.А. Смирнова. Статистическая термодинамика.
3. Р.Эткинс. Физическая химия т.1,2.

Вспомогательная литература

- Г.Ф. Воронин. Химическая термодинамика.
- Интернет-ресурсы

Раздел 3:

Основная литература

1. Амис Э., Влияние растворителя на скорость и механизм химических реакций, М., Мир, 1978.
2. Бендер М., Бергерон Р., Комияма М., Биоорганическая химия ферментативного катализа, М., Мир, 1987.
3. Березин И.В., Клесов А.А., Практический курс химической и ферментативной кинетики, М., Изд-во МГУ, 1976.
4. Березин И.В., Мартинек К., Основы физической химии ферментативного катализа, М., Высшая школа, 1977.

5. Боженко К.В., Ягодновский В.Д., Кинетика элементарных химических реакций, М., Изд-во РУДН, 2003.
6. Боресков Г.К. Гетерогенный катализ, М., Наука, 1988.
7. Вилков Л.В., Пентин Ю.А., Физические методы исследования в химии, М., Высшая школа, 1987.
8. Вудворд Р., Хоффман Р., Сохранение орбитальной симметрии, М., Мир, 1971.
9. Глестон С., Лейдлер К., Эйринг Г., Теория абсолютных скоростей реакций, М., Издательство, 1948.
10. Денисов Е.Т., Кинетика гомогенных химических реакций, М., Высшая школа, 1978.
11. Денисов Е.Т., Саркисов О.М., Лихтенштейн Г.И., Химическая кинетика, М., Химия, 2000.
12. Даниэльс Ф., Олберти Р., Физическая химия, М., Мир, 1987.
13. Драго Р., Физические методы в химии, т.1 и 2, М., Мир, 1981.
14. Еремин Е.Н., Основы химической кинетики, М., Высшая школа, 1976.
15. Киперман С.Л., Основы химической кинетики в гетерогенном катализе, М., Химия, 1964.
16. Кондратьев В.Н., Никитин Е.Е., Химические процессы в газах, М., Наука, 1981.
17. Кондратьев В.Н., Никитин Е.Е., Резников С.Я., Уманский С.Я., Термические бимолекулярные реакции в газах, М., Наука, 1976.
18. Крылов О.В., Гетерогенный катализ, М., Академкнига, 2004.
19. Мелвин-Хьюз Е., Равновесия и кинетика реакций в растворах, М., Химия, 1975.
20. Молекулярные постоянные неорганических соединений: Справочник, (под ред. К.С.Краснова), Л., Химия, 1979.
21. Никитин Е.Е., Теория элементарных атомно-молекулярных процессов в газах, М., Наука, 1970.
22. Панченков Г.М., Лебедев В.П., Химическая кинетика и катализ, М., Химия, 1985.
23. Пирсон Р., Правила симметрии в химических реакциях, М., Мир, 1979.
24. Пригожин И., Кондепуди Д., Современная термодинамика, М., Мир, 2002.
25. Пурмаль А.П., Простов В.Н., Химическая кинетика, М., Изд-во МФТИ, 1999. Романовский Б.В. Основы химической кинетики, М.: Экзамен, 2006.
26. Романовский Б.В. Основы катализа, М.: Бином, 2013.
27. Робинсон П., Холбрук К., Мономолекулярные реакции, М., Мир, 1975.
28. Рубин А.Б., Пытьева Н.Ф., Ризниченко Г.Ю., Кинетика биологических процессов, М., Изд-во МГУ, 1987.
29. Семиохин И.А., Страхов Б.В., Осипов А.И., Кинетика химических реакций, М., Изд-во МГУ, 1995.
30. Степанов Н.Ф., Ерлыкина М.Е., Филиппов Г.Г., Методы линейной алгебры в физической химии, М., Изд-во МГУ, 1976.
31. Тёмкин О.Н. Гомогенный металлокомплексный катализ. Кинетические аспекты, М., Академкнига, 2008.
32. Турро Н.Дж., Молекулярная фотохимия, М., Мир, 1967.
33. Физическая химия в вопросах и ответах (под ред. К.В.Топчиевой и Н.В.Федорович), М., Изд-во МГУ, 1981.
34. Физическая химия. Под ред. Краснова К.С. т.1,2. 3-е изд., испр. - М.: Высшая школа, 2001
35. Франк-Каменецкий Д.А., Диффузия и теплопередача в химической кинетике, М., Наука, 1967.
36. Химическая и биологическая кинетика: Сборник статей, (под ред. Н.М.Эмануэля, И.В.Березина и С.Д.Варфоломеева), М., Изд-во МГУ, 1983.
37. Чоркендорф И., Наймонтсведрайт Х. Современный катализ и химическая кинетика, (пер с англ.), М., Интеллект, 2010.

38. Эвери Г., Основы кинетики и механизма химических реакций, М., Мир, 1978.
39. Эйринг Г., Лин С.Г., Лин С.М., Основы химической кинетики, М., Мир, 1983.
40. Эмануэль Н.М., Кнорре Д.Г., Курс химической кинетики, М., Высшая школа, 1983.
41. Эткинс П., де Паула Дж. Физическая химия. М.:Мир, 2007
42. Ягодовский В.Д., Статистическая термодинамика, М., Изд-во РУДН, 2000.
43. Laidler K.J., Chemical Kinetics, NY, Harper&Row Publ., 1987.
44. Steinfeld J.I., Francisco J.S., Hase W.L., Chemical Kinetics and Dynamics, Prentice-Hall Publ., 1989.

Вспомогательная литература

1. Пахомов Н.А. Научные основы приготовления катализаторов. Введение в теорию и практику, Новосибирск, Изд-во СО РАН, 2011.
2. Помогайло А.Д., Джардималиева Г.И. Мономерные и полимерные карбоксилаты металлов, М., Физматлит, 2009.
3. Ола Дж., Гепперт А., Пракаш С. Метанол и энергетика будущего, (пер с англ.), М., Бином, 2009.
4. Комиссаров Г.Г. Фотосинтез: физико-химический подход, М., Едиториал УРСС, 2003.
5. Лисичкин Г.В., Фадеев А.Ю. Химия привитых поверхностных соединений, М., Физматлит, 2003.
6. Блюменфельд Л.А. Соросовский Образовательный Журнал, №4, 1998, с.33-38.
7. Бендер М., Бергерон Р., Комияма М. Биоорганическая химия ферментативного катализа, (пер с англ.), М., Мир, 1987.
8. Хенрици-Оливэ Г., Оливэ С. Химия каталитического гидрирования СО. (пер с англ.), М., Мир, 1987.
9. Березин И.В., Клячко Н.Л., Левашов А.В. и др. Имобилизованные ферменты, Высшая школа, 1987.
10. Основы биохимии (под ред. А.А.Анисимова). М., Высшая школа, 1986.
11. Шмидт Ф.К. Катализ комплексами первого переходного ряда реакций гидрирования и димеризации, Иркутск, Изд. Иркутского ун-та, 1986.
12. Накамура А., Цуцуи М. Принципы и применение гомогенного и гетерогенного катализа, (пер с англ.) М., Мир, 1983.
13. Джеймс Б. Гомогенное гидрирование, (пер с англ.), М., Мир, 1980.
14. Хенрици-Оливэ Г., Оливэ С. Координация и катализ, (пер с англ.), М., Мир, 1980.
15. Ерофеев Б.В., Тулупов В.А. Кинетика гомогенного катализа, Минск, Наука и техника, 1977.
16. Ридил Э. Развитие представлений в области катализа, (пер с англ.), М., Мир, 1971.
17. Райдил и Тэйлор. Катализ в теории и практике, (пер с англ.), Л., Госхимтехиздат, 1934.

- Перечень используемых информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса, включая программное обеспечение, информационные справочные:

ИБТАНТЕРМО <http://www.ihed.ras.ru>, <http://www.chem.msu.su/rus/handbook/ivtan/>.

NIST <http://www.nist.gov>

SGTE www.sgte.org

FACTSAGE <http://www.crct.polymtl.ca/fact/fact.htm>

THERMOCALC <http://www.thermocalc.com>

MTDATA <http://www.npl.co.uk/mtdata/>

MALT www.kagaku.com/malt

PANDAT www.computherm.com

HSC www.outotec.com/

OLI Systems www.olisystems.com/

- Описание материально-технической базы.

Лекционные занятия проводятся в специально оборудованных аудиториях.

Вспомогательный материал в виде презентаций доступен аспирантам на сайте <http://chem.msu.ru/>

12. Язык преподавания - русский

13. Преподаватель (преподаватели).

Ведущий научный сотрудник, кандидат химических наук ПУПЫШЕВ ВЛАДИМИР ИВАНОВИЧ, E-mail vipupyshev@mail.ru

Профессор, доктор химических наук СИДОРОВ ЛЕВ НИКОЛАЕВИЧ, E-mail: sidorov@phys.chem.msu.ru, тел: 8(495)93921240

Профессор, доктор химических наук РОМАНОВСКИЙ БОРИС ВАСИЛЬЕВИЧ,

E-mail: bvromanovsky@mail.ru, тел: 8(495)9392054

Фонды оценочных средств, необходимые для оценки результатов обучения

1. Планируемые результаты обучения для формирования компетенций п.5 и соответствующие им критерии оценивания приведены в Приложении 8.

2. ПРОГРАММА-МИНИМУМ кандидатского экзамена по специальности **02.00.04 «Физическая химия»** по химическим, физико-математическим и техническим наукам

Введение

В основу настоящей программы положены следующие дисциплины: учение о строении вещества, химическая термодинамика, теория поверхностных явлений, учение об электрохимических процессах, теория кинетики химических реакций и учение о катализе. Программа разработана экспертным советом Высшей аттестационной комиссии по химии (по неорганической химии) при участии Института физической химии РАН и Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова.

I. **Строение вещества**

1. *Основы классической теории химического строения.* Основные положения классической теории химического строения. Структурная формула и граф молекулы. Изомерия. Конформации молекул. Связь строения и свойств молекул.

2. *Физические основы учения о строении молекул.* Механическая модель молекулы. Потенциалы парных взаимодействий. Методы молекулярной механики и молекулярной динамики при анализе строения молекул.

Общие принципы квантово-механического описания молекулярных систем. Стационарное уравнение Шрёдингера для свободной молекулы. Адиабатическое приближение. Электронное волновое уравнение.

Потенциальные кривые и поверхности потенциальной энергии. Их общая структура и различные типы. Равновесные конфигурации молекул. Структурная изомерия. Оптические изомеры.

Колебания молекул. Нормальные колебания, амплитуды и частоты колебаний, частоты основных колебательных переходов. Колебания с большой амплитудой.

Вращение молекул. Различные типы молекулярных волчков. Вращательные уровни энергии.

Электронное строение атомов и молекул. Одноэлектронное приближение. Атомные и молекулярные орбитали. Электронные конфигурации и термы атомов. Правило Хунда. Электронная плотность. Распределение электронной плотности в двухатомных молекулах. Корреляционные орбитальные диаграммы. Теорема Купманса. Пределы применимости одноэлектронного приближения.

Интерпретация строения молекул на основе орбитальных моделей и исследования распределения электронной плотности. Локализованные молекулярные орбитали. Гибридизация.

Электронная корреляция в атомах и молекулах. Её проявления в свойствах молекул. Метод конфигурационного взаимодействия.

Представления о зарядах на атомах и порядках связей. Различные методы выделения атомов в молекулах. Корреляции дескрипторов электронного строения и свойств молекул. Индексы реакционной способности. Теория граничных орбиталей.

3. *Симметрия молекулярных систем.* Точечные группы симметрии молекул. Понятие о представлениях групп и характерах представлений. Общие свойства симметрии волновых функций и потенциальных поверхностей молекул. Классификация квантовых состояний атомов и молекул по симметрии. Симметрия атомных и молекулярных орбиталей, σ - и π -орбитали. π -Электронное приближение.

Влияние симметрии равновесной конфигурации ядер на свойства молекул и их динамическое поведение. Орбитальные корреляционные диаграммы. Сохранение орбитальной симметрии при химических реакциях.

4. *Электрические и магнитные свойства.* Дипольный момент и поляризуемость молекул. Магнитный момент и магнитная восприимчивость. Эффекты Штарка и Зеемана. Магнитно-резонансные методы исследования строения молекул. Химический сдвиг.

Оптические спектры молекул. Вероятности переходов и правила отбора при переходах между различными квантовыми состояниями молекул. Связь спектров молекул с их строением. Определение структурных характеристик молекул из спектроскопических данных.

5. *Межмолекулярные взаимодействия.* Основные составляющие межмолекулярных взаимодействий. Молекулярные комплексы. Ван-дер-ваальсовы молекулы. Кластеры атомов и молекул. Водородная связь. Супермолекулы и супрамолекулярная химия.

6. *Основные результаты и закономерности в строении молекул.* Строение молекул простых и координационных неорганических соединений. Полиядерные комплексные соединения. Строение основных типов органических и элементоорганических соединений. Соединения включения. Полимеры и биополимеры.

7. *Строение конденсированных фаз.* Структурная классификация конденсированных фаз.

Идеальные кристаллы. Кристаллическая решетка и кристаллическая структура. Реальные кристаллы. Типы дефектов в реальных кристаллах. Кристаллы с неполной упорядоченностью. Доменные структуры.

Симметрия кристаллов. Кристаллографические точечные группы симметрии, типы решеток, сингонии. Понятие о пространственных группах кристаллов. Индексы кристаллографических граней.

Атомные, ионные, молекулярные и другие типы кристаллов. Цепочечные, каркасные и слоистые структуры.

Строение твердых растворов. Упорядоченные твердые растворы. Аморфные вещества. Особенности строения полимерных фаз.

Металлы и полупроводники. Зонная структура энергетического спектра кристаллов. Поверхность Ферми. Различные типы проводимости. Колебания в кристаллах. Фононы.

Жидкости. Мгновенная и колебательно усреднённая структура жидкости. Ассоциаты и кластеры в жидкостях. Флуктуации и корреляционные функции. Структура простых жидкостей. Растворы неэлектролитов. Структура воды и водных растворов. Структура жидких электролитов.

Мицеллообразование и строение мицелл.

Мезофазы. Пластические кристаллы. Жидкие кристаллы (нематики, смектики, холестерики и др.).

8. *Поверхность конденсированных фаз.* Особенности строения поверхности кристаллов и жидкостей, структура границы раздела конденсированных фаз. Молекулы и кластеры на поверхности. Структура адсорбционных слоев.

II. Химическая термодинамика

Основные понятия и законы термодинамики

1. Основные понятия термодинамики: изолированные и открытые системы, равновесные и неравновесные системы, термодинамические переменные, температура, интенсивные и экстенсивные переменные. Уравнения состояния. Теорема о соответственных состояниях. Вириальные уравнения состояния.

2. *Первый закон термодинамики.* Теплота, работа, внутренняя энергия, энтальпия, теплоемкость. Закон Гесса. Стандартные состояния и стандартные теплоты химических реакций. Зависимость теплового эффекта реакции от температуры. Формула Кирхгоффа. Таблицы стандартных термодинамических величин и их использование в термодинамических расчетах.

3. *Второй закон термодинамики.* Энтропия и её изменения в обратимых и необратимых процессах. Теорема Карно – Клаузиуса. Различные шкалы температур.

Фундаментальные уравнения Гиббса. Характеристические функции. Энергия Гиббса, энергия Гельмгольца. Уравнения Максвелла. Условия равновесия и критерии самопроизвольного протекания процессов.

Уравнение Гиббса – Гельмгольца. Работа и теплота химического процесса. Химические потенциалы.

4. *Химическое равновесие.* Закон действующих масс. Различные виды констант равновесия и связь между ними. Изотерма Вант-Гоффа. Уравнения изобары и изохоры химической реакции. Расчеты констант равновесия химических реакций с использованием таблиц стандартных значений термодинамических функций. Приведенная энергия Гиббса и её использование для расчетов химических равновесий. Равновесие в поле внешних сил. Полные потенциалы.

Элементы статистической термодинамики

5. Микро- и макросостояния химических систем. Фазовые Г- и μ -пространства. Эргодическая гипотеза. Термодинамическая вероятность и её связь с энтропией. Распределение Максвелла – Больцмана.

Статистические средние значения макроскопических величин. Ансамбли Гиббса. Микроканоническое и каноническое распределения. Расчет числа состояний в квазиклассическом приближении.

Каноническая функция распределения Гиббса. Сумма по состояниям как статистическая характеристическая функция. Статистические выражения для основных термодинамических функций. Молекулярная сумма по состояниям и сумма по состояниям макроскопической системы. Поступательная, вращательная, электронная и колебательная суммы по состояниям. Статистический расчет энтропии. Постулат Планка и абсолютная энтропия.,

Приближение «жесткий ротатор – гармонический осциллятор». Составляющие внутренней энергии, теплоёмкости и энтропии, обусловленные поступательным, вращательным и колебательным движением.

Расчет констант равновесия химических реакций в идеальных газах методом статистической термодинамики. Статистическая термодинамика реальных систем. Потенциалы межмолекулярного взаимодействия и конфигурационный интеграл для реального газа.

Распределения Бозе – Эйнштейна и Ферми – Дирака. Вырожденный идеальный газ. Электроны в металлах. Уровень Ферми. Статистическая теория Эйнштейна идеального кристалла, теория Дебая. Точечные дефекты кристаллических решеток. Равновесные и неравновесные дефекты. Вычисление сумм по состояниям для кристаллов с различными точечными дефектами. Нестехиометрические соединения и их термодинамическое описание.

Элементы термодинамики необратимых процессов

6. Основные положения термодинамики неравновесных процессов. Локальное равновесие. Флуктуации. Функция диссипации. Потоки и силы. Скорость производства энтропии. Зависимость скорости производства энтропии от обобщенных потоков и сил. Соотношения взаимности Онсагера. Стационарное состояние системы и теорема Пригожина.

Термодиффузия и её описание в неравновесной термодинамике. Уравнение Чепмена – Энского.

Растворы. Фазовые равновесия

7. *Различные типы растворов.* Способы выражения состава растворов. Идеальные растворы, общее условие идеальности растворов. Давление насыщенного пара жидких растворов, закон Рауля. Неидеальные растворы и их свойства. Метод активностей. Коэффициенты активности и их определение.

Стандартные состояния при определении химических потенциалов компонент растворов. Симметричная и несимметричная системы отсчета.

Коллигативные свойства растворов. Изменение температуры замерзания растворов, криоскопия. Зонная плавка. Осмотические явления. Парциальные мольные величины, их определение для бинарных систем. Уравнение Гиббса – Дюгема.

Функция смешения для идеальных и неидеальных растворов. Предельно разбавленные растворы, атермальные и регулярные растворы, их свойства.

8. *Гетерогенные системы.* Понятия компонента, фазы, степени свободы. Правило фаз Гиббса.

Однокомпонентные системы. Диаграммы состояния воды, серы, фосфора и углерода. Фазовые переходы первого рода. Уравнение Клапейрона – Клаузиуса.

Двухкомпонентные системы. Различные диаграммы состояния двухкомпонентных систем. Равновесие жидкость – пар в двухкомпонентных системах. Законы Гиббса – Коновалова. Азеотропные смеси.

Фазовые переходы второго рода. Уравнения Эренфеста.

Трехкомпонентные системы. Треугольник Гиббса. Диаграммы плавкости трехкомпонентных систем.

Адсорбция и поверхностные явления

9. *Адсорбция*. Адсорбент, адсорбат. Виды адсорбции. Структура поверхности и пористость адсорбента. Локализованная и делокализованная адсорбция. Мономолекулярная и полимолекулярная адсорбция. Динамический характер адсорбционного равновесия.

Изотермы и изобары адсорбции. Уравнение Генри. Константа адсорбционного равновесия. Уравнение Ленгмюра. Адсорбция из растворов. Уравнение Брунауэра – Эмета – Теллера (БЭТ) для полимолекулярной адсорбции. Определение площади поверхности адсорбента.

Хроматография, различные её типы (газовая, жидкостная, противоточная и др.).

10. *Поверхность раздела фаз*. Свободная поверхностная энергия, поверхностное натяжение, избыточные термодинамические функции поверхностного слоя. Изменение поверхностного натяжения на границе жидкость – пар в зависимости от температуры. Связь свободной поверхностной энергии с теплотой сублимации (правило Стефана), модулем упругости и другими свойствами вещества.

Эффект Ребиндера: изменение прочности и пластичности твердых тел вследствие снижения их поверхностной энергии.

Капиллярные явления. Зависимость давления пара от кривизны поверхности жидкости. Капиллярная конденсация. Зависимость растворимости от кривизны поверхности растворяющихся частиц (закон Гиббса – Оствальда – Фрейндлиха).

Электрохимические процессы

11. Растворы электролитов. Ион-дипольное взаимодействие, как основной процесс, определяющий устойчивость растворов электролитов. Коэффициенты активности в растворах электролитов. Средняя активность и средний коэффициент активности, их связь с активностью отдельных ионов. Основные положения теории Дебая – Хюккеля. Потенциал ионной атмосферы.

Условия электрохимического равновесия на границе раздела фаз и в электрохимической цепи. Термодинамика гальванического элемента. Электродвижущая сила, её выражение через энергию Гиббса реакции в элементе. Уравнения Нернста и Гиббса – Гельмгольца для равновесной электрохимической цепи. Понятие электродного потенциала. Определение коэффициентов активности на основе измерений ЭДС гальванического элемента.

Электропроводность растворов электролитов; удельная и эквивалентная электропроводность. Числа переноса, подвижность ионов и закон Кольрауша. Электрофоретический и релаксационные эффекты.

III. Кинетика химических реакций

Химическая кинетика

1. *Основные понятия химической кинетики.* Простые и сложные реакции, молекулярность и скорость простой реакции. Основной постулат химической кинетики. Способы определения скорости реакции. Кинетические кривые. Кинетические уравнения. Константа скорости и порядок реакции. Реакции переменного порядка.

2. *Феноменологическая кинетика* сложных химических реакций. Принцип независимости элементарных стадий. Кинетические уравнения для обратимых, параллельных и последовательных реакций. Квазистационарное приближение. Метод Боденштейна – Тёмкина. Кинетика гомогенных каталитических и ферментативных реакций. Уравнение Михаэлиса – Ментен.

Цепные реакции. Кинетика неразветвленных и разветвленных цепных реакций. Кинетические особенности разветвленных цепных реакций. Предельные явления в разветвленных цепных реакциях. Полуостров воспламенения, период индукции. Тепловой взрыв.

Реакции в потоке. Реакции идеального вытеснения и идеального смешения. Колебательные реакции.

3. *Макрокинетика.* Роль диффузии в кинетике гетерогенных реакций. Кинетика гетерогенных каталитических реакций. Различные режимы протекания реакций (кинетическая и внешняя кинетическая области, области внешней и внутренней диффузии).

4. Зависимость скорости реакции от температуры. Уравнение Аррениуса. Энергия активации и способы её определения.

5. *Элементарные акты химических реакций* и физический смысл энергии активации. Термический и нетермические пути активации молекул. Обмен энергией (поступательной, вращательной и колебательной) при столкновениях молекул. Время релаксации в молекулярных системах.

Теория активных столкновений. Сечение химических реакций. Формула Траутца – Льюиса. Расчет предэкспоненциального множителя по молекулярным постоянным. Стерический фактор.

Теория переходного состояния (активированного комплекса). Поверхность потенциальной энергии. Путь и координата реакции. Статистический расчет константы скорости. Энергия и энтропия активации. Использование молекулярных постоянных при расчете константы скорости.

6. *Различные типы химических реакций.* Мономолекулярные реакции в газах, схема Линдемана – Христиансена. Теория РРКМ. Бимолекулярные и тримолекулярные реакции, зависимость предэкспоненциального множителя от температуры.

Реакции в растворах, влияние растворителя и заряда реагирующих частиц. Клеточный эффект и сольватация.

Фотохимические и радиационнохимические реакции. Элементарные фотохимические процессы. Эксимеры и эксиплексы. Изменение физических и химических свойств молекул при электронном возбуждении. Квантовый выход. Закон Эйнштейна – Штарка.

7. *Электрохимические реакции.* Двойной электрический слой. Модельные представления о структуре двойного электрического слоя. Теория Гуи – Чапмена – Грэма.

Электрокапллярные явления, уравнение Липпмана.

Скорость и стадии электродного процесса. Поляризация электродов. Полярография. Ток обмена и перенапряжение. Зависимость скорости стадии разряда от строения двойного слоя.

Химические источники тока, их виды. Электрохимическая коррозия. Методы защиты от коррозии.

Катализ

8. *Классификация каталитических реакций* и катализаторов. Теория промежуточных соединений в катализе, принцип энергетического соответствия.

9. *Гомогенный катализ*. Кисотно-основной катализ. Кинетика и механизм реакций специфического кислотного катализа. Функции кислотности Гаммета. Кинетика и механизм реакций общего кислотного катализа. Уравнение Брёнстеда. Корреляционные уравнения для энергий активации и теплот реакций.. Специфический и общий основной катализ. Нуклеофильный и электрофильный катализ.

Катализ металлокомплексными соединениями. Гомогенные реакции гидрирования, их кинетика и механизмы.

10. *Ферментативный катализ*. Адсорбционные и каталитические центры ферментов. Активность и субстратная селективность ферментов. Коферменты. Механизмы ферментативного катализа.

11. *Гетерогенный катализ*. Определение скорости гетерогенной каталитической реакции. Удельная и атомная активность. Селективность катализаторов. Роль адсорбции в кинетике гетерогенных каталитических реакций. Неоднородность поверхности катализаторов, нанесенные катализаторы. Энергия активации гетерогенных каталитических реакций.

Современные теории функционирования гетерогенных катализаторов.

Основные промышленные каталитические процессы.

Примеры ПКЗ.

Задание 1.

Для получения некоторого материала необходимо проводить его синтез при контролируемом парциальном давлении кислорода в газовой 10^{-5} – 10^{-3} бар; при этом диффузионные процессы протекают с заметной скоростью только при температуре выше 700 К. Составьте алгоритм действий по решению задачи.

Задание 2.

Предложите термодинамическую модель работы ракетного двигателя. Укажите

- 1) какие стадии этого процесса являются слабым местом термодинамической модели,
- 2) какие справочные данные необходимы для расчета равновесий и как они могут быть получены,
- 3) какое программное обеспечение необходимо для решения поставленной задачи.

Задание 3.

Методом кристаллографического дизайна показано, что некоторое соединение заданной формулы должно обладать необходимыми оптическими свойствами, но получить однофазный образец синтетическими методами не удастся. Предложите возможные способы решения проблемы.

Методические материалы для проведения процедур оценивания результатов обучения

Кандидатский экзамен проводится по билетам, каждый из которых включает теоретические вопросы и практическое контрольное задание (ПКЗ). Для подготовки ответа аспирант (соискатель ученой степени) использует экзаменационные листы, которые сохраняются после приема экзамена в течение года. На каждого соискателя ученой степени заполняется протокол приема кандидатского экзамена, в который вносятся вопросы билетов и вопросы, заданные соискателю членами комиссии. Уровень знаний соискателя ученой степени оценивается на «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно». Протокол приема кандидатского экзамена подписывается членами комиссии с указанием их ученой степени, ученого звания, занимаемой должности и специальности согласно номенклатуре специальностей научных работников. В ходе экзамена, проводимого в форме индивидуального собеседования, оценивается степень сформированности «знаниевой» компоненты компетенции УК-2 (именно - знание методов научно-исследовательской деятельности) и ПК-4 (знание современного состояния науки в области физической химии). Частично сформированность умения выбирать и применять в профессиональной деятельности экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследования (ОПК-1) проверяется при выполнении ПКЗ, их оценка учитывается как одна из составляющих общей оценки экзамена кандидатского минимума

Рабочая программа дисциплины

1. Код и наименование дисциплины **Конденсированные ионные системы**

2. Уровень высшего образования – подготовка научно-педагогических кадров в аспирантуре.

3. Направление подготовки 04.06.01 Химические науки. Направленность программы **Электрохимия**.

4. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП

Вариативная часть ООП, обязательная дисциплина, которую учащийся должен освоить для сдачи экзамена кандидатского минимума (4 семестр 2 год обучения).

5. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

6.

Формируемые компетенции (код компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)
УК-2	З1 (УК-2) Знать методы научно-исследовательской деятельности
ОПК-1	У1 (ОПК-1) Уметь выбирать и применять в профессиональной деятельности экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследования
ПК-5	З1 (ПК-1) Знать современное состояние науки в области электрохимии

Оценочные средства для промежуточной аттестации по дисциплине приведены в Приложении.

6. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся:

Объем дисциплины (модуля) составляет 3 зачетных единицы, всего 108 часов, из которых 54 часа составляет контактная работа аспиранта с преподавателем (14 часов - занятия лекционного типа, 22 часа семинарского типа, 10 часов индивидуальные/групповые консультации, 4 часа мероприятия текущего контроля успеваемости, 4 часа мероприятия промежуточной аттестации), 54 часа составляет самостоятельная работа аспиранта.

7. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия.

Владение основами химии кристаллохимии, химической термодинамики и молекулярной спектроскопии в объеме программ специалитета/магистратуры химических факультетов классических университетов

8. Образовательные технологии.

Используются следующие технологии: традиционные лекции с использованием мультимедийных презентаций; лекции проблемного характера. Преподавание дисциплины проводится в форме авторского курса по программе, составленной на основе результатов исследований, проведенных зарубежными, советскими и российскими учеными, в том числе, принадлежащими к школе МГУ.

9. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических или астрономических часов и виды учебных занятий

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе								
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них						Самостоятельная работа обучающегося, часы из них		
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Групповые консультации	Индивидуальные консультации	Учебные занятия, направленные на проведение текущего контроля успеваемости коллоквиумы, практические контрольные занятия и др)*	Всего	Выполнение домашних заданий	Подготовка рефератов и т.п..	Всего
Раздел 1. Свойства растворов электролитов	45	8	12	5	-	2	27	18	-	18
Раздел 2. Свойства расплавленных и	41	6	10	5	-	2	23	18	-	18

твердых электроли- тов										
Промежуточная ат- тестация экзамен кандидатского мини- мума	22		4					18		
Итого	108	14	22	10	-	4	54			54

10. Учебно-методические материалы для самостоятельной работы аспирантов.

Методические указания к самостоятельной работе расположены на сайте <http://www.elch.chem.msu.ru/>.

11. Ресурсное обеспечение:

- Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная литература

1. Робинсон Р., Стокс Р. Растворы электролитов. М.: Иностранная литература, 1963.
2. Дамаскин Б.Б., Петрий О.А., Цирлина Г.А. Электрохимия. М.: Химия, 2001; второе издание - М.: КолосС-Химия, 2006; третье издание - СПб: Лань, 2015.

Дополнительная литература

1. Durov V.A., Modeling of Supramolecular Ordering in Mixtures: Structure, Dynamics and Properties. Journal of Molecular Liquids 103–104 (2003) 41–82
2. Barthel J., Buchner R., Eberspächer P.N., Münsterer M., Stauber J., and Wurm B., Dielectric Relaxation in Electrolyte Solutions. Recent Developments and Prospects, J. Mol. Liq. 78 (1998) 82-109.
3. Buchner R., What can be learnt from Dielectric Relaxation Spectroscopy about Ion Solvation and Association? Pure Appl. Chem. 80 (2008) 1239-1252.

- Перечень используемых информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса, включая программное обеспечение, информационные справочные системы (при необходимости):

Интернет-ресурсы

1. Учебные материалы (презентации лекций, также методические указания к самостоятельной работе расположены на сайте <http://www.elch.chem.msu.ru/>.
2. Электронная библиотека РФФИ <http://elibrary.ru/defaultx.asp>
3. Доступ к коллекциям книг (2009-2010) и журналов издательства " Elsevier ". <http://www.sciencedirect.com/>
4. Доступ к реферативным базам данных <http://www.scopus.com> и <http://www.isiknowledge.com>

- Описание материально-технической базы.

Кафедра электрохимии имеет материально-техническую базу, обеспечивающую проведение всех предусмотренных учебной программой аспирантов видов теоретической и практической подготовки. Специальные аудитории на кафедре имеют: мультимедиа-проектор с экраном, персональные компьютеры (в том числе ноутбуки), оснащенные всеми необходимыми программами, базами данных и выходом в интернет, оргтехнику (принтеры и сканеры), учебные материалы на электронных носителях. Презентации лекций, а также вспомогательный материал для самостоятельной работы доступен аспирантам на сайте <http://www.elch.chem.msu.ru/rus/prg5.htm>

12. Язык преподавания - русский

13. Преподаватели:

д.х.н., профессор, Цирлина Галина Александровна, кафедра электрохимии химического факультета МГУ, tsir@elch.chem.msu.ru, 13-21.

д.х.н., профессор, Антипов Евгений Викторович, кафедра электрохимии химического факультета МГУ, evgeny.antipov@gmail.com, 33-75.

д.х.н., доцент, Васильев Сергей Юрьевич, кафедра электрохимии химического факультета МГУ, wasq@elch.chem.msu.ru, 13-21

Фонды оценочных средств, необходимые для оценки результатов обучения

1. Планируемые результаты обучения для формирования компетенций п.5 и соответствующие им критерии оценивания приведены в Приложении 8.

2. ПРОГРАММА-МИНИМУМ кандидатского экзамена по специальности **02.00.05 «Электрохимия»** по химическим, физико-математическим и техническим наукам

Введение

В основу настоящей программы положены следующие дисциплины: теория электролитов, основы термодинамики гетерогенных электрохимических систем, теория двойного электрического слоя и явлений адсорбции на межфазных границах, кинетика электродных процессов, прикладная электрохимия. Программа разработана экспертным советом Высшей аттестационной комиссии по химии

(по неорганической химии) при участии химического факультета МГУ им. М.В.Ломоносова, Института электрохимии РАН и Института физической химии РАН.

1. Общие вопросы

Предмет и структура современной электрохимии. Место электрохимии среди других наук. Основные исторические этапы развития электрохимии. Области применения электрохимии и перспективы ее дальнейшего развития.

2. Равновесные и неравновесные свойства электролитов

Ион-дипольное взаимодействие и причины устойчивости ионных систем. Термодинамические и модельные методы расчета энергии сольватации. Химическая и реальная энергии сольватации. Энтропия сольватации ионов. Динамическая теория сольватации и понятие об отрицательной гидратации. Термодинамика растворов электролитов. Коэффициенты активности ионов и методы их определения. Равновесия в растворах электролитов. Методы определения констант равновесия. Теория кислот и оснований. Виды ион-ионного взаимодействия в растворах электролитов, ассоциация ионов. Вывод уравнений теории Дебая-Хюккеля для потенциала ионной атмосферы и для коэффициента активности. Применение теории Дебая-Хюккеля к растворам сильных и слабых электролитов. Современное состояние теории растворов электролитов. Типы растворителей и их свойства. Корреляционные подходы к сравнению свойств растворителей. Спектроскопические методы исследования растворов электролитов. Состояние ионов в растворе.

Неравновесные явления в растворах электролитов: диффузия, миграция и ионные реакции. Уравнения Нернста-Эйнштейна и Нернста-Планка. Диффузионный потенциал. Понятие удельной и эквивалентной электропроводности. Закон Кольрауша. Числа переноса и методы их определения. Подвижности отдельных ионов, их определение и зависимость от ионного радиуса, концентрации электролита и от температуры раствора. Аномальная подвижность. Влияние вязкости среды на транспортные явления в растворах. Интерпретация явлений электропроводности с точки зрения теории Дебая-Хюккеля (электрофоретический и релаксационный эффекты; уравнение Онзагера; эффекты Вина и Дебая-Фалькенгагена). Представление о структуре и электропроводности неводных растворов, расплавов и твердых электролитов. Полимерные электролиты. Растворы, содержащие сольватированные электроны.

3. Основы термодинамики гетерогенных электрохимических систем

Понятие об электрохимическом потенциале. Условие электрохимического равновесия на отдельной межфазной границе и в электрохимической цепи. Скачки потенциала на границах раздела фаз; разности потенциалов Гальвани и Вольта. Понятие электродного потенциала; стандартный электродный потенциал. Уравнение Нернста. Концепция электронного равновесия на границе электрод/раствор. Взаимные превращения химической и электрической энергии в электрохимической системе. Термодинамика гальванического элемента; уравнение Гиббса-Гельмгольца. Методы определения коэффициентов активности, констант равновесия ионных реакций и чисел переноса на основе измерений электродвижущих сил. Электрохимическое равновесие на границе двух несмешивающихся жидкостей, на мембранах и ион-селективных электродах. Принцип работы стеклянного электрода. Электрохимические сенсоры.

4. Двойной электрический слой и явления адсорбции на межфазных границах

Механизм образования и принципы экспериментальных методов изучения двойного электрического слоя. Электрокапиллярные явления на жидких и твердых электродах. Поверхностный избыток, адсорбционное уравнение Гиббса. Вывод и проверка общего уравнения электрокапиллярности. Зависимость пограничного натяжения от потенциала, состава раствора, температуры и природы металла. Понятие о полном и свободном заряде электрода. Потенциалы нулевого свободного и нулевого полного заряда; методы их определения. Термодинамическая теория поверхностных явлений на металлах, адсорбирующих водород и кислород. Проблемы Вольта и абсолютного скачка потенциала. Импеданс электрода и эквивалентные электрохимические схемы. Емкость двойного электрического слоя; ее зависимость от потенциала электрода, состава раствора и его концентрации. Роль металлической обкладки в строении двойного электрического слоя. Методы изучения двойного слоя на металлах группы платины: адсорбционный метод, методы кривых заряжения, вольтамперометрии, изоэлектрических сдвигов потенциала, радиоактивных индикаторов. Оптические и рентгеновские методы изучения границы раздела электрод-раствор. Физические методы *ex situ*. Сканирующая туннельная микроскопия и спектроскопия и другие зондовые методы. Сканирующая электрохимическая микроскопия. Двойной слой на границе раствор/воздух. Модельные теории двойного слоя. Вывод уравнений для заряда электрода в теориях Гуи-Чапмена, Штерна и Грэма. Эффект Есина-Маркова. Явление частичного переноса заряда при адсорбции ионов. Гидрофильность поверхности. Методы изучения и теория обратимой адсорбции органических соединений на электродах. Двумерные фазовые слои и фазовые переходы в поверхностных слоях. Методы изучения и характерные особенности адсорбции органических веществ на металлах платиновой группы.

Строение двойного слоя на оксидных и полупроводниковых электродах. Двойной электрический слой на границе электрод/расплав и электрод/твердый электролит.

Кристаллографическая структура поверхности и ее роль в строении двойного электрического слоя. Понятие о фрактальных поверхностях. Методы определения величины истинной поверхности электродов.

5. Кинетика электродных процессов

Общая характеристика электродных процессов и понятие лимитирующей стадии. Механизмы массопереноса: диффузия, миграция и конвекция. Стационарная диффузия при разряде ионов на одноименном металле, на ртути и на амальгаме и роль явлений миграции в этих процессах. Теория конвективной диффузии. Вращающийся дисковый электрод и его использование для изучения электрохимической кинетики. Вращающийся дисковый электрод с кольцом. Нестационарная диффузия к плоскому и сферическому электродам при постоянном потенциале. Теория полярографического метода. Полярографические максимумы и их теоретическая интерпретация. Вольтамперометрия. Осциллографическая полярография. Диффузионный импеданс. Различные виды полярографии на переменном токе. Хронопотенциометрия. Основные принципы и блок-схемы релаксационных методов изучения электрохимической кинетики (импульсный потенциостатический метод, импульсный и двухимпульсный гальваностатические методы, кулоностатический метод, методы фарадеевского импеданса и фарадеевского выпрямления). Электрохимическая импедансная спектроскопия. Тонкослойные методы. Ультрамикроэлектроды. Метод кварцевого микровзвешивания. Представления о работе пористого электрода, суспензионных и флюидизированных электродов.

Основные положения теории замедленного разряда. Ток обмена. Зависимость скорости реакции от температуры. Идеальная и реальная энергии активации. Влияние структуры двойного электрического слоя и природы электрода на скорость стадии разряда. Процессы электровосстановления ионов гидроксония и анионов на электродах с высоким перенапряжением выделения водорода. Роль работы

выхода электрона в кинетике электродных процессов. Фотоэмиссия электронов из металла в раствор. Электрохимическая генерация сольватированных электронов. Особенности электрохимической кинетики на полупроводниковых электродах. Теория и методы изучения электрохимических процессов, включающих гомогенные или гетерогенные химические стадии.

Кинетические и каталитические токи. Влияние комплексообразования на кинетику электродных реакций.

Стадийный перенос электронов в электрохимических реакциях. Механизм реакции выделения водорода и электровосстановления кислорода на различных электродах. Роль адсорбции поверхностно-активных веществ в электрохимической кинетике. Кинетика электрохимических реакций с участием органических веществ. Общие методы установления механизма сложной электрохимической реакции. Методы определения природы интермедиатов электродных процессов. Кинетика разложения амальгам и ее связь с перенапряжением водорода на ртути в кислых и щелочных растворах.

Электрокатализ. Сорбция и адсорбция водорода электродными материалами. Важнейшие типы электродных материалов.

Термодинамика и кинетика электрохимической нуклеации. Механизм реакций, протекающих с образованием новой фазы. Методы изучения начальных стадий электрокристаллизации. Перенапряжение при образовании двумерных и трехмерных зародышей. Теория поверхностной диффузии адатомов. Электроосаждение металлов.

Электрохимическая теория коррозии металлов. Сопряженные реакции в процессе растворения металлов. Стационарные потенциалы. Пассивация металлов и полупроводников. Механизмы роста оксидных пленок. Типы локальной коррозии. Методы защиты металлов от коррозии и методы коррозионного контроля.

Теоретические представления об элементарном акте переноса электрона в гомогенных и гетерогенных редокс-процессах. Типы гомогенных ионных реакций. Методы изучения ионных реакций в растворах электролитов. Сходство и различие гомогенных и электродных реакций переноса электрона. Соотношение Бренстеда. Трактовка элементарного акта на основе теории Гориучи-Поляни и теории реорганизации растворителя. Квантово-механическая теория Левича-Догонадзе-Кузнецова. Экспериментальные подходы к проверке этой теории. Обычный, безбарьерный и безактивационный разряд. Физический смысл коэффициента переноса в рамках современной квантово-механической теории элементарного акта электродных реакций. Квантово-химические подходы к расчету скоростей реакций переноса электрона.

Фундаментальные аспекты электрохимии проводящих полимеров.

Явление электрохимической интеркаляции. Электрохимические свойства интеркалированных материалов.

Фотоэлектрохимия. Лазерная электрохимия.

Периодические и хаотические явления в электрохимических системах.

Проблемы биоэлектрохимии. Редокс-процессы в биосистемах; электрохимия биомембран и их моделей.

6. Электрохимические производства

Химические источники тока. Топливные элементы. Свинцовые аккумуляторы. Серебряно-цинковые аккумуляторы. Кадмий-никелевые аккумуляторы и их аналоги. Металл-воздушные системы. Литиевые источники тока. Суперконденсаторы.

Гальванотехника. Типы гальванических покрытий. Рассеивающая способность электролитов. Электрохимическое оксидирование металлов и сплавов. Электрохимическая размерная обработка. Наводороживание и водородная хрупкость. Функциональная гальванотехника.

Гидроэлектрометаллургия.

Электрохимическое производство хлора, щелочей, окислителей. Электрохимический синтез органических веществ.

Электролиз расплавленных соединений. Производство алюминия. Производство щелочных и щелочно-земельных металлов. Электрофенирование.

Электрохимические преобразователи информации и электрохимические электронные устройства. Электрохромные устройства.

Электрохимические технологии для микроэлектроники. Наноэлектрохимия и нанотехнология.

Теория электрохимических реакторов.

Экологические аспекты электрохимических технологий. Электрохимические методы очистки воды.

Примеры ПКЗ:

1. При каких концентрациях растворов электролитов 10 и более процентов ионов оказываются ассоциированными? Получить ответ в аналитической форме с использованием необходимых параметров, характеризующих ионы и растворитель.
2. Какие молекулярные растворители обеспечивают при постоянной температуре изменение вязкости, статической диэлектрической проницаемости и оптической диэлектрической проницаемости в максимально широких пределах? Предложить примеры электролитов, растворимых в соответствующих рядах растворителей.
3. Предположив, что глобулы полиэлектролита имеют сферическое строение, предсказать зависимость электропроводности раствора от длины полимерной цепи.
4. Оценить относительное изменение констант устойчивости ионных ассоциатов в растворе z,z-электролита при изменении ионной силы раствора от 0.001 до 0.1. Получить ответ в аналитической форме с использованием необходимых параметров, характеризующих ионы и растворитель.
5. Провести оцифровку и обработку предложенных в графической форме данных по зависимости электропроводности от концентрации раствора в рамках формализма Дебая-Фуосса-Онзагера.
6. Оценить энергию сольватации ферроцений-катиона в ионной жидкости (bmim)BF₄ и в ацетонитриле. Самостоятельно найти необходимые для этой оценки параметры.
7. Использовать предложенные в табулированной форме данные спектроскопии рентгеновского рассеяния для оценки средних коэффициентов активности по Робинсону-Стоксу. Сопоставить результат со справочными данными о коэффициентах активности того же электролита.

8. Использовать предложенные в графической форме данные спектроскопии ЯМР для оценки константы устойчивости и времени релаксации ионных ассоциатов. Сопоставить величины полученных констант с рассчитанными по Фуоссу.
9. Провести анализ предложенных литературных данных по электропроводности солевого раствора в смесях вода-сахароза разного состава, выявить отклонения от стоксовского поведения и предложить их интерпретацию.

Методические материалы для проведения процедур оценивания результатов обучения

Кандидатский экзамен проводится по билетам, каждый из которых включает теоретические вопросы и практическое контрольное задание (ПКЗ). Для подготовки ответа аспирант (соискатель ученой степени) использует экзаменационные листы, которые сохраняются после приема экзамена в течение года. На каждого соискателя ученой степени заполняется протокол приема кандидатского экзамена, в который вносятся вопросы билетов и вопросы, заданные соискателю членами комиссии. Уровень знаний соискателя ученой степени оценивается на «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно». Протокол приема кандидатского экзамена подписывается членами комиссии с указанием их ученой степени, ученого звания, занимаемой должности и специальности согласно номенклатуре специальностей научных работников. В ходе экзамена, проводимого в форме индивидуального собеседования, оценивается степень сформированности «знаниевой» компоненты компетенции УК-2 (именно - знание методов научно-исследовательской деятельности) и ПК-5 (знание современного состояния науки в области электрохимии). Частично сформированность умения выбирать и применять в профессиональной деятельности экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследования (ОПК-1) проверяется при выполнении ПКЗ, их оценка учитывается как одна из составляющих общей оценки экзамена кандидатского минимума.

Рабочая программа дисциплины

1. Код и наименование дисциплины **Современные направления развития науки о полимерах**
2. Уровень высшего образования – подготовка научно-педагогических кадров в аспирантуре.
3. Направление подготовки 04.06.01 Химические науки. Направленность программы Высокомолекулярные соединения
4. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП
Вариативная часть ООП, обязательная дисциплина, которую учащийся должен освоить для сдачи экзамена кандидатского минимума (4 семестр 2 год обучения).
5. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

Формируемые компетенции (код компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)
УК-2	31 (УК-2) Знать методы научно-исследовательской деятельности
ОПК-1	У1 (ОПК-1) Уметь выбирать и применять в профессиональной деятельности экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследования
ПК-6	31 (ПК-6) Знать современное состояние науки в области химии, физики и механики высокомолекулярных соединений

6. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся:
Объем дисциплины (модуля) составляет 3 зачетных единицы, всего 108 часов, из которых 90 часов составляет контактная работа аспиранта с преподавателем (56 часов - занятия лекционного типа, 14 часов групповые консультации, 14 часов мероприятия текущего контроля успеваемости, 6 мероприятия промежуточной аттестации), 18 часов составляет самостоятельная работа аспиранта.
7. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия.
Должны быть успешно освоены дисциплины базовой части учебного плана
8. Образовательные технологии.

Используются следующие технологии: лекции-демонстрации и интерактивные лекции. Преподавание дисциплины проводится в форме авторских курсов по программам, которые составлены на основе результатов исследований, полученных научными школами МГУ.

9. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических или астрономических часов и виды учебных занятий

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе								
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них						Самостоятельная работа обучающегося, часы из них		
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Групповые консультации	Индивидуальные консультации	Учебные занятия, направленные на проведение текущего контроля успеваемости коллоквиумы, практические контрольные занятия и др.)	Всего	Выполнение домашних заданий	Подготовка рефератов и т.п..	Всего
Тема 1. Общие представления о полимерах	10	6	0	2	0	2	10	0	0	0
Тема 2. Растворы полимеров	14	10	0	2	0	2	14	0	0	0
Тема 3. Полиэлектролиты	14	6	0	2	0	2	14	0	0	0
Тема 4. Синтез полимеров	16	12	0	2	0	2	16	0	0	0

Тема 5. Химические реакции с участием макромолекул	10	6	0	2	0	2	10	0	0	0
Тема 6. Структура полимеров	10	6	0	2	0	2	10	0	0	0
Тема 7. Механические свойства полимеров	14	10	0	2	0	2	14	0	0	0
Промежуточная аттестация экзамен кандидатского минимума	24		6					18		
Итого	108	56	0	14	0	14	90	0	0	18

10. Ресурсное обеспечение:

- Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная литература

1. Ю.Д.Семчиков, «Высокомолекулярные соединения», Учебник, М.Изд «Академия». 2006, 386 с.
2. В.В.Киреев. Высокомолекулярные соединения. Учебник. М., изд-во Высшая школа, 1992
3. В.Н.Кулезнёв, В.А.Шершнёв Химия и физика полимеров, Учебник М. КолосС, 2007

Дополнительная литература

1. Энциклопедия полимеров, М.: Изд. БСЭ, т.т.1-3 1977
2. Химическая энциклопедия, М.: Изд. БРЭ, т.т. 1-5, 1988-1998

Периодическая литература

Журнал «Высокомолекулярные соединения»

Интернет-ресурсы

1. vmsmsu.ru

- Перечень используемых информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса, включая программное обеспечение, информационные справочные системы (при необходимости):

Поддерживается сайт с методическими материалами к курсу в сети Интернет www.vmsmsu.ru

- Описание материально-технической базы.

Занятия проводятся в специально оборудованных аудиториях (ауд. 501, ауд. 619 лабораторного корпуса А). Аудитории снабжены средствами мультимедиа презентаций и доступом в сеть Интернет.

11. Язык преподавания - русский

12. Преподаватель (преподаватели).

Профессор, доктор химических наук Черникова Елена Вячеславовна

Фонды оценочных средств, необходимые для оценки результатов обучения

1. Планируемые результаты обучения для формирования компетенций п.5 и соответствующие им критерии оценивания приведены в Приложении 8.

2. ПРОГРАММА-МИНИМУМ кандидатского экзамена по специальности 02.00.06 «Высокомолекулярные соединения» по химическим, физико-математическим и техническим наукам

1. Химия полимеров и полимерных композиционных материалов

1. Высокомолекулярные соединения как наука, объектами исследований которой являются макромолекулы синтетического и природного происхождения, состоящие из многократно повторяющихся структурных единиц, соединенных химическими связями и содержащие в главной цепи атомы углерода, а также кислорода, азота и серы.

Классификация и номенклатура мономеров, олигомеров и полимеров. Особенности их химического строения. Синтетические органические, элементоорганические, неорганические и природные полимеры.

Полидисперсность, молекулярная масса, степень полимеризации, молекулярно-массовое и молекулярно-численное распределение олигомеров и полимеров. Стереохимия полимеров.

2. Реакции получения олигомеров и высокомолекулярных соединений.

2.1. Полимеризация и сополимеризация: радикальная, катионная, анионная и ионно-координационная, особенности указанных полимеризационных процессов. Полимеризация в растворе, в массе, в суспензии, в эмульсии, в твердой фазе. Термодинамика полимеризационных процессов.

2.2. Радикальная полимеризация и ее механизм. Строение мономеров и способность их к полимеризации, методы инициирования.

Кинетика радикальной полимеризации и уравнение скорости полимеризации. Влияние различных факторов на молекулярную массу и молекулярно-массовое распределение полимера. Понятие о длине кинетической цепи.

Ингибиторы и регуляторы радикальной полимеризации. Обратимое ингибирование. Радикальная полимеризация при глубоких степенях превращения. Гель-эффект. Способы проведения радикальной полимеризации: в массе, растворе, твердой фазе, в суспензиях.

2.3. Эмульсионная полимеризация и ее особенности. Кинетика и механизмы эмульсионной полимеризации.

2.4. Сополимеризация, ее механизм и основные закономерности. Уравнение состава сополимера. Константы сополимеризации и их физический смысл. Связь строения мономеров с их реакционной способностью. Влияние среды, давления и температуры. Схема Q-е Алфрея и Прайса. Статистические, привитые и блок-сополимеры.

2.5. Ионная, катионная и анионная, полимеризация. Реакционная способность мономеров в ионных реакциях. Катализаторы и сокатализаторы. Механизмы процесса. Образование активного центра, рост и обрыв цепи. Скорости элементарных реакций. Скорость процессов катионной и анионной полимеризации, влияние среды и температуры на кинетику и полидисперсность образующихся полимеров. Примеры образования "живых" полимерных цепей.

Сополимеризация, катионная и анионная.

2.6. Ионно-координационная полимеризация и ее особенности. Катализаторы Циглера-Натта. Ионно-координационная полимеризация на литиевых катализаторах.

Металлоценовый катализ, механизм и кинетика реакций.

Стереорегулярные полимеры и условия их получения. Механизм стереоспецифической полимеризации.

2.7. Полиприсоединение. Механизм образования полиуретанов, поликарбамидов и эпоксидных полимеров.

2.8. Поликонденсация: равновесная и неравновесная. Типы химических реакций поликонденсации. Функциональность мономеров, олигомеров и ее значение. Реакционная способность функциональных групп.

Равновесная поликонденсация и ее механизм. Кинетика равновесной поликонденсации. Зависимость молекулярной массы полимера от соотношения исходных мономеров; правило неэквивалентности функциональных групп. Способы проведения равновесной поликонденсации.

Неравновесная поликонденсация. Типы неравновесных реакций. Способы проведения неравновесной поликонденсации. Закономерности неравновесной поликонденсации. Межфазная поликонденсация. Механизм реакции и ее основные закономерности. Неравновесная поликонденсация в растворе.

Совместная поликонденсация и ее характерные особенности в случае равновесной и неравновесной поликонденсации.

Трехмерная поликонденсация и ее закономерности. Влияние функциональности исходных соединений. Разнозвенность полимеров, получаемых методами поликонденсации.

3. Синтез мономеров и полисопряженных полимеров на их основе, химическое строение, молекулярная и надмолекулярная структура типичных полисопряженных полимеров: полиацетилена, полидиацетиленов, полианилинов, полифениленвиниленов, политиофенов и др., понятие об их электронной структуре. Связь между методами их синтеза и строением. Химическая и электрохимическая модификация полисопряженных полимеров.

4. Основные признаки разветвленных полимеров и методы синтеза, их конфигурация (на уровнях звена, цепи, присоединения звеньев, присоединения блоков) и конформация. Факторы, определяющие конформационные переходы. Структурная модификация и надмолекулярная структура. Сверхразветвленные полимеры и дендримеры, их синтез и особенности строения.
5. Сшитые полимеры. Типы сшитых полимеров. Формирование трехмерных структур в процессе синтеза и химических превращений в макромолекулах. Сшитые жесткоцепные и эластичные полимеры. Статистические методы описания процессов образования сшитых полимеров. Параметры сеток. Основные зависимости между структурными характеристиками пространственно сшитых полимеров. Образование пространственных структур в эластомерах и их динамика. Виды сшивающих агентов и особенности строения сеток. Влияние типа поперечных связей на механические свойства сшитых эластомеров.
6. Смеси полимеров. Истинные и коллоидные растворы смесей полимеров, механизм смешения и типы фазовых структур в смесях полимеров. Смеси полимеров как матрицы для получения полимерных композиционных материалов (ПКМ), специфика синтеза ПКМ с их применением. Многокомпонентные смеси полимеров.
7. Природные полимеры и их разновидности, методы выделения из природного сырья и идентификации, методы модификации. Целлюлоза, хитин, хитозан и их производные. Применение природных полимеров.
8. Химическая модификация полимеров. Основные закономерности модификации полимеров. Реакционная способность функциональных групп макромолекул и низкомолекулярных соединений. Эффекты цепи и соседней группы, конфигурационные и конформационные эффекты. Реакции замещения в полимерной цепи. Влияние условий на кинетические закономерности и строение образующихся полимеров. Композиционная неоднородность. Реакции структурирования полимеров и их особенности. Изменение свойств полимеров в результате структурирования. Межмолекулярные реакции и образование трехмерных сеток. Реакции присоединения, отщепления и изомеризации.
9. Классификация полимерных композиционных материалов и полимерных нанокомпозитов. Виды материалов: полимер-полимерные смеси, ПКМ, армированные непрерывными, короткими волокнами и пластинчатыми наполнителями, дисперснонаполненные ПКМ, пенополимеры, многокомпонентные ПКМ.
- Волокнообразующие полимеры и волокнистые полимерные композиты, методы получения и структура.
- Тип, форма и основные свойства армирующих наполнителей: непрерывные стеклянные, углеродные, борные, органические и др. Волокна, нити, жгуты, ровинги, ленты и ткани; короткие волокна, маты из них; наполнители плоскостной структуры. Физико-химия поверхности наполнителей.
- Типы и свойства матриц (термопластичные и термореактивные полимеры, полимер-полимерные смеси).
- Методы получения полимерных композиционных материалов.
10. Межфазные явления на границах раздела полимер-полимер, полимер-твердое тело. Адгезия. Влияние формы, химического и физического состояния поверхности на свойства ПКМ. Аппреты. Методы химической и физической модификации компонентов ПКМ.
11. Нанокомпозиты. Типы ингредиентов, материалы и методы, применяемые для получения нанокомпозитов. Особенности их получения и основные свойства нанокомпозитов.
12. Основы технологии полимеров и полимерных композиционных материалов. Методы получения наполнителей, их фракционирование и обработка, способы совмещения функциональных ингредиентов и полимерных матриц. Технология переработки полимеров и ПКМ в полупродукты и изделия.

Традиционные и новые области применения олигомеров, полимеров, ПКМ и нанокомпозитов при решении научных и технических задач.

13. Деструкция полимеров и композиционных материалов. Основные виды деструкции: химическая, термическая, термоокислительная, фото- и механическая. Старение полимеров. Стабилизация высокомолекулярных соединений. Кинетика механодеструкции полимеров. Предел механодеструкции и причины его существования. Понятие о стойкости полимеров и композиционных материалов к внешним воздействиям.

14. Горючесть полимеров и ПКМ. Основные процессы, протекающие при горении в конденсированной и газовой фазах. Методы снижения и повышения горючести.

15. Вторичная переработка полимеров и ПКМ, основные тенденции и современное состояние. Экологические проблемы вторичной переработки полимеров и ПКМ.

2. Физика полимеров и полимерных композиционных материалов

Конфигурация и конформация макромолекул. Основные модели полимерных цепей: свободносочлененная цепь, цепь с фиксированными углами. Характеристики размеров и формы полимерных цепей. Внутреннее вращение и поворотная изомерия. Полимеры с хиральными центрами. Конформация макромолекул и конформационная энергия. Стереорегулярность и микроструктура цепных молекул. Гибкость полимерных цепей и ее характеристики. Термодинамическая и кинетическая гибкость макромолекул. Ближние и дальние взаимодействия. Размеры и формы реальных цепных молекул и их экспериментальное определение. Понятие о статистическом сегменте.

2. Высокомолекулярные соединения в растворе.

Характер взаимодействия в растворах полимеров. Термодинамика растворов полимеров. Теория Флори-Хаггинса. θ -температура. Объемные эффекты. Концентрированные растворы полимеров. Фазовые диаграммы полимер-растворитель. Гидродинамические свойства макромолекул в растворе. Диффузия макромолекул в растворе. Методы фракционирования полимеров. Растворы полиэлектролитов. Полимеры как матрицы для твердых электролитов. Иономеры.

3. Физические и фазовые состояния полимеров: стеклообразное, высокоэластическое и вязкотекучее. Аморфные и кристаллические полимеры. Фазовые переходы, механизм кристаллизации и плавления кристаллов. Влияние структуры и внешних воздействий на фазовые переходы.

4. Структура и свойства полимерных стекол.

Современные представления об аморфном состоянии и структуре стеклообразных полимеров. Стеклование полимеров и методы его определения. Теории стеклования. Явление вынужденной эластичности. Природа больших деформаций и деформаций в области криогенных температур.

5. Высокоэластическое состояние.

Основные свойства высокоэластического состояния полимеров. Статистическая теория деформации макромолекул. Сеточная теория высокоэластичности. Основное уравнение кинетической теории высокоэластичности. Термодинамика деформации эластомеров. Термоупругая инверсия. Тепловые эффекты при деформации. Кристаллизация эластомеров при деформации.

6. Вязкотекучее состояние и основы реологии полимеров.

Закономерности течения расплавов полимеров, кривые течения, закон течения, механизм течения. Энергия и энтропия вязкого течения, их зависимость от параметров молекулярной структуры и от напряжения сдвига. Зависимость теплоты активации от темпера-

туры. Ньютоновская вязкость, методы определения и зависимость от молекулярной структуры и молекулярной массы полимера, температуры. Уравнение Вильямса-Ландела-Ферри.. Прочностные характеристики расплавов.

7. Структура и свойства кристаллических полимеров.

Условия образования кристаллического состояния в полимерах. Основные типы кристаллических структур макромолекул. Упаковка цепных молекул в кристаллах. Морфология кристаллических полимеров. Ламеллярные кристаллы. Сферолиты. Кристаллы с выпрямленными цепями. Степень кристалличности и методы ее определения. Дефекты полимерных кристаллов и их природа. Полимерные монокристаллы. Кристаллизация и плавление полимеров, методы исследования. Кристаллизация из разбавленных растворов и расплавов. Зародышеобразование и рост. Кинетическая теория кристаллизации. Первичная и вторичная кристаллизация. Частичное плавление и рекристаллизация. Отжиг полимеров. Особенности кристаллизации полимеров в полимерных композитах.

8. Жидкокристаллическое состояние полимеров.

Ближний и дальний порядок. Типы симметрии. Мезоморфные состояния. Области применения жидкокристаллических полимеров.

9. Ориентированное состояние полимеров.

Особенности ориентированного состояния полимеров. Строение и свойства ориентированных полимеров. Структурные модели. Основные методы ориентации полимеров и методы оценки.

10. Моделирование молекулярной и надмолекулярной структур олигомеров, полимеров и сополимеров в растворах, расплавах и полимерных твердых телах в аморфном, полукристаллическом кристаллическом состояниях. Моделирование процессов, протекающих на стадиях образования макромолекул. Модельные представления о смесях полимеров и полимеров с введенными в их состав функциональными ингредиентами.

11. Релаксационные явления в полимерах.

Релаксационный характер процессов деформации. Гистерезисные процессы. Ползучесть и релаксация напряжения. Принцип суперпозиции. Спектр времен релаксации и запаздывания. Динамические свойства полимеров: комплексный модуль и комплексная податливость. Соотношение между комплексным и релаксационным модулями. Линейная вязкоупругость. Принцип температурно-временной эквивалентности.

12. Физико-механические свойства полимеров. Деформационные свойства. Напряжение, деформация и упругость. Обобщенная форма закона Гука, измерение модулей упругости. Идеальное пластическое тело, процесс развития пластических деформаций. Влияние гидростатического давления, температуры и скорости деформации на предел текучести.

Межатомное взаимодействие в полимерах. Динамика и энергетика растяжения отдельной межатомной связи и цепной макромолекулы. Понятие о теоретической прочности полимеров. Основные теории прочности: Орована, Гриффитса, термофлуктуационная, релаксационная.

Долговечность. Кинетическая теория разрушения. Особенности разрушения твердых полимеров и эластомеров. Механизм пластического и хрупкого разрушения. Образование микротрещин. Распространение трещин. Статическая и динамическая усталость.

13. Электрические, оптические и магнитные свойства полимеров и ПКМ.

Линейные и нелинейные эффекты в полимерах и полимерных композитах.

Сенсоры на основе полимеров и ПКМ.

13.1. Электрические свойства полимеров-диэлектриков и полимеров-проводников. Диэлектрическая поляризация и дипольные моменты полимеров. Диэлектрическая проницаемость и диэлектрические потери, электрическая прочность полимеров и ПКМ. Электризация полимеров и электрический пробой.

13.2. Допирование полисопряженных полимеров: синтетические металлы и методы их получения. Электрические и оптические свойства полисопряженных полимеров.

Перспективы использования полисопряженных полимеров для создания полимерной электроники, включающей высокопроводящие, полевые, электролюминесцентные, нелинейно-оптические элементы и устройства

13.3. Магнетосопротивление полимеров и ПКМ. ПКМ с высокими и низкими значениями комплексной диэлектрической и магнитной проницаемостей, связь между составом и структурой, методы определения.

14. Оптические свойства полимеров: коэффициент светопропускания, спектральный коэффициент пропускания, светостойкость, светорассеяние, показатель преломления и оптический коэффициент напряжения и оптическая нетермостойкость. Факторы, определяющие уровень этих показателей. Старение оптических полимеров.

15. Теплофизические свойства полимеров и ПКМ.

Плотность полимеров. Особенности теплового расширения полимеров. Теплоемкость. Теплопроводность и температуропроводность полимеров и ПКМ. Модели транспортных процессов. Влияние основных параметров полимеров и других ингредиентов ПКМ на их теплофизические свойства.

16. Трение и износ полимеров. Особенности трения полимеров. Природа и механизм трения. Закон трения, влияние времени контакта, скорости скольжения и температуры. Износ полимеров. Связь явлений трения и износа. Усталостный износ, абразивный износ, общие закономерности, влияние внешних факторов.

17. Проницаемость полимеров.

Газопроницаемость полимеров. Диффузия в полимерах. Сорбция газов и паров. Ионный обмен. Селективная проницаемость полимерных материалов, методы определения.

18. Термодинамика совместимости полимеров. Фазовая структура и морфология. Микромеханика смесей полимеров. Деформация и разрушение твердых тел на основе полимерных смесей.

19. Межфазные явления на границах раздела полимер-полимер, полимер-твердое тело. Адгезия. Термодинамика взаимодействия компонент в полимерных смесях и ПКМ. Структура и свойства межфазных слоев.

20. Физические свойства ПКМ. Прочность, вязкость разрушения, усталостная выносливость. Упругие и вязкоупругие свойства ПКМ. Модели, описывающие зависимость модуля упругости ПКМ от характеристик компонентов.

Тепловое расширение, тепло- и электропроводность ПКМ. Особенности зависимостей физических свойств ПКМ от типа наполнителя и распределения наполнителей в композиционном материале.

21. Наноккомпозиты. Наполнители с нанометровым размерным размером частиц. Структура и свойства наноккомпозитов. Наноккомпозиты с новыми оптическими, электронными, магнитными, электрическими и др. функциями с применением углеродных нанотрубок, фуллеренов, металлов и оксидов металлов.

22. Понятие о применении полимеров и ПКМ в функциональных и интеллектуальных (smart) структурах. Полимерные материалы, применяемые для их получения: связь между их компоновкой, внешними воздействиями и откликом. Сенситивные и адаптивные структуры и по-

лимерные материалы для них. Термо – и фотохромные, химотронные, тензочувствительные и др. Материалы для интеллектуальных структур.

3. Методы исследования полимеров и полимерных композиционных материалов

1. Особенности применения физических методов для изучения структуры и свойств олигомеров, полимеров, полимерных материалов и полимерных композитов. Методы обработки экспериментальных данных: и определение достоверности полученных результатов: доверительный интервал, относительная и абсолютная погрешности измерений.

1.1. Экспериментальные методы исследования структуры макромолекул в растворе (вискозиметрия, светорассеяние, седиментация, двойное лучепреломление).

2. Спектроскопия полимеров: ИК, МНПВО, КР. Специфика методов и задачи, решаемые с их применением.

3. Флуоресцентный анализ полимеров.

4. Электронный и ядерный парамагнитный резонансы. Сущность методов, аппаратура, области применения. Метод спиновой метки. ЯМР высокого и низкого разрешения.

5. Теплофизические методы. Дилатометрия. Дифференциальный термический анализ. Калориметрические методы.

6. Масс-спектрометрия. Сущность метода, аппаратура, области применения. Время-пролетная масс-спектрометрия.

7. Рентгеноструктурный анализ полимеров. Изучение размеров и ориентации упорядоченных областей кристаллических полимеров. Большие периоды в полимерах. Специфика исследования смесей полимеров и ПКМ.

8. Оптическая и электронная микроскопия.

9. Физико-механические методы. Термомеханический метод.

10. Неразрушающие методы исследования ПКМ.

11. Динамические методы. Диэлектрическая и механическая спектроскопия.

12. Электрофизические методы исследования свойств полимеров и ПКМ.

13. Туннельная микроскопия.

14. Полярография и другие электрохимические методы.

15. Транспортные методы для исследования полимеров. Обращенная и гель-проникающая хроматография.

16. Особенности методов исследования нанокомпозитов и их ингредиентов.

Примеры ПКЗ.

1. Как изменятся среднечисловая (PN) и средневесовая (PW) степени полимеризации продукта радикальной полимеризации на начальных стадиях превращения, если доля растущих цепей, обрывающихся по механизму диспропорционирования, возрастет с 0 до 100%, а длина кинетических цепей останется постоянной?
2. Расскажите о способах регулирования молекулярной массы полимеров при их синтезе на конкретном примере.
3. Вам необходимо определить степень полидисперсности полимера. Какие методы Вы используете?
4. Предположите механические свойства конкретного полимера.

Методические материалы для проведения процедур оценивания результатов обучения

Кандидатский экзамен проводится по билетам, состоящим из трёх вопросов соответственно трём разделам Программы-минимум и практического контрольного задания (ПКЗ). В состав экзаменационной комиссии входит не менее двух человек, из них не менее одного доктора химических наук, профессора по специальности 02.00.06. Для подготовки ответа обучающийся использует экзаменационные листы, которые сохраняются после приёма экзамена в течение года. На каждого экзаменуемого заполняется протокол приёма кандидатского экзамена, в который вносятся вопросы билетов и вопросы, заданные членами комиссии. Уровень умений оценивается с помощью предлагаемых членами комиссии ПКЗ. Совокупный уровень овладения экзаменуемым знаний, умений и навыков оценивается на «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно» в соответствии с картами формируемых компетенций. Протокол приёма кандидатского экзамена подписывается членами комиссии с указанием их учёной степени, учёного звания, занимаемой должности и специальности согласно номенклатуре специальностей научных работников. ПКЗ могут предлагаться в процессе индивидуального собеседования; оценка по ним учитывается как одна из составляющих общей оценки экзамена кандидатского минимума.

В ходе экзамена, проводимого в форме индивидуального собеседования, и ПКЗ оценивается степень сформированности «знаниевой» компоненты компетенции УК-2 (именно - знание методов научно-исследовательской деятельности) и ПК-3 (знание современного состояния науки в области химии, физики и механики полимеров). Частично сформированность навыков планирования научного исследования, анализа получаемых результатов и формулировки выводов (ОПК-1) проверяется при выполнении ПКЗ, их оценка учитывается как одна из составляющих общей оценки экзамена кандидатского минимума.

Рабочая программа дисциплины

1. Код и наименование дисциплины **Металлоорганическая химия в синтезе и катализе**

2. Уровень высшего образования – подготовка научно-педагогических кадров в аспирантуре.

3. Направление подготовки 04.06.01 Химические науки. Направленность программы **Химия элементоорганических соединений**

4. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП

Вариативная часть ООП, обязательная дисциплина, которую учащийся должен освоить для сдачи экзамена кандидатского минимума (4 семестр 2 год обучения).

5. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

Формируемые компетенции (код компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)
УК-2	31 (УК-2) Знать методы научно-исследовательской деятельности
ОПК-1	У1 (ОПК-1) Уметь выбирать и применять в профессиональной деятельности экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследования
ПК-7	31 (ПК-7) современное состояние науки в области химии элементоорганических соединений

6. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся:

Объем дисциплины (модуля) составляет 3 зачетных единиц, всего 108 часов, из которых 84 часа составляет контактная работа аспиранта с преподавателем (58 часов - занятия лекционного типа, 10 часов – занятия семинарского типа, 8 часов групповые консультации, 8 часов индивидуальные консультации, 4 часа мероприятия текущего контроля успеваемости, 4 часа мероприятия промежуточной аттестации), 24 часа составляет самостоятельная работа аспиранта.

7. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия.

Прослушать курсы Общий курс органической химии, Синтетические методы органической химии, Введение в стереоселективный синтез, Стратегия органического синтеза, Методы органической химии в создании лекарств, Химия гетероциклических соединений, Физико-химические методы, знание физико-химических методов исследования структуры органических соединений, в том числе на молекулярном и наноуровне.

8. Образовательные технологии.

Используются следующие технологии: традиционные лекции с использованием мультимедийных презентаций; лекции проблемного характера. Преподавание дисциплины проводится в форме авторского курса по программе, составленной на основе результатов исследований, проведенных зарубежными, советскими и российскими учеными, в том числе, принадлежащими к школе МГУ.

9. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических или астрономических часов и виды учебных занятий

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	В том числе								
	Всего (часы)	Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы					Самостоятельная работа обучающегося, часы		
		из них					из них		
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Групповые консультации	Учебные занятия, направленные на проведение текущего контроля успеваемости коллоквиумы, практические контрольные занятия и др)*	Всего	Выполнение домашних заданий	Подготовка рефератов и т.п	Всего
Блок 1. Строение металлоорганических соединений.		8		2		1	11	3	
Блок 2. Строение комплексов ранних и поздних переходных элементов.		6			1	1	8	3	
Блок 3. Строение комплексов редкоземельных		4			1	1	6	3	

элементов.									
Блок 4. Использование в катализе. Гидрирование.		8	2		1	1	12	3	
Блок 5. Использование в катализе. Окисление		8	2			1	9	3	
Блок 6. Использование в катализе. Кросс-сочетание		8	2		1	1	12	2	
Блок 7. Использование в катализе. Образование связей углерод-гетероатом		8	2			1	11	3	
Блок 8. Использование в катализе. Присоединение к алкенам и алкинам		8	2	2		1	13	3	
Промежуточная аттестация экзамен кандидатского минимума	22		4				18		
Итого:	108	58	10	4	4	8	84	24	

Основная литература

1. Методы элементоорганической химии. Под редакцией А.Н. Несмеянова и К.А. Кочешкова, "Наука", Москва, 1973.
2. Ф.Коттон, Дж. Уилкинсон. Основы неорганической химии. "Мир", Москва, 1979, гл. 28-31.
3. М. Грин Металлоорганические соединения переходных металлов. "Мир", Москва, 1972.
4. С.П. Губин, Г.Б. Шульпин. Химия комплексов со связями металл-углерод. "Наука", Новосибирск, 1984.
5. Общая органическая химия. М., т.4,5, 1983; т.6,7, 1984.
6. Органикум, т. 1, 2, "Мир", Москва, 1992.

Дополнительная литература

Дж.Хьюи, Неорганическая химия. Строение вещества и реакционная способность, М., Химия, 1987.

В.И. Минкин, Б.Я. Симкин, Р.М. Миняев. Теория строения молекул. М.В.Ш., 1979.

Н.П. Гамбарян, И.В. Станкевич, Развитие концепции химической связи от водорода до кластерных соединений, Успехи химии, 1989, **58**, 1945-1970.

В.И. Соколов, Теоретические основы стереохимии, М. Наука, 1979.

И.П. Белецкая, О.А. Реутов, В.И. Соколов. Механизмы реакций металлоорганических соединений. "Химия", Москва, 1972.

О.А.Реутов, И.П.Белецкая, К.П.Бутин. СН-кислотность. "Наука", Москва. 1980 г.

Р. Драго. Физические методы в химии. Т.1,2, М., "Мир", 1981.

Х.Гюнтер. Введение в курс спектроскопии ЯМР. 'Мир', Москва, 1984 г.

Некрасов Ю.С. Методологические аспекты масс-спектрометрического анализа органических веществ. ЖАХ, 1991. Т.46, N 9, С.1696-1710.

Х.Гюнтер. Введение в курс спектроскопии ЯМР. М., 'Мир', 1984 г.

А.Шашков "Спектроскопия ЯМР", в книге Ю.С.Шабарова

"Органическая химия", гл.5, стр.277-344. "Химия". Москва. 2000 г.

Михайлов. Химия бороводородов. "Наука", Москва, 1967.

Д. Пурдела, Р. Вылчану. Химия органических соединений фосфора. "Химия", Москва, 1972.

Граймс Р.Н. Карбораны. М.: Мир, 1974, 260 с.

Г. Хеирици-Оливэ, С. Оливэ. Координация и катализ. "Мир". Москва, 1980.

В.Н. Калинин, Успехи химии , 1987, 46, 1900)

Г.Б. Шульпин. Органические реакции, катализируемые комплексами металлов. "Наука", Москва, 1988.

Дж. Колмен, Л. Хегедас, Дж. Нортон, Р. Финке, Мир, Металло-органическая химия переходных металлов, 1989.

А.А. Коридзе, Ацетиленовые производные кластерных карбонилов переходных металлов, Изв. РАН, Сер. хим., 2000, №7, 1141.

Г. Хеирици-Оливэ, С.Оливэ. Химия каталитического гидрирования СО. "Мир". Москва, 1987.

К.Б. Яцимирский. Введение в бионеорганическую химию. "Наукова думка", Киев, 1976.

М. Хьюз. "Неорганическая химия биологических процессов". М., "Мир", 1983.

11. Язык преподавания - русский

12. Преподаватель:

Академик РАН, профессор, доктор химических наук Белецкая Ирина Петровна, beletska@org.chem.msu.ru

Фонды оценочных средств, необходимые для оценки результатов обучения

1. **Планируемые результаты обучения** для формирования компетенций п.5 и соответствующие им критерии оценивания приведены в Приложении 8.

2. **ПРОГРАММА-МИНИМУМ** кандидатского экзамена по специальности **02.00.08 «Химия элементоорганических соединений»** по химическим и техническим наукам

Введение

В основу настоящей программы положены следующие дисциплины: теоретические представления о природе химических связей и электронном строении элементоорганических соединений (ЭОС), физические методы исследования структуры и электронного строения ЭОС, органические производные непереходных элементов, органические производные переходных металлов.

1. Теоретические представления о природе химических связей и электронном строении элементоорганических соединений. Реакционная способность элементоорганических соединений

Классификация элементоорганических соединений (ЭОС). Основные этапы развития химии ЭОС. Ее влияние на теорию химического строения молекулярных систем.

Основные положения квантовой химии. Уравнение Шредингера для атомно-молекулярной системы как основа для теоретического исследования ее структуры и электронного строения. Электронное строение атомов и их ионов. Атомные орбитали и их классификация.

Теоретические методы моделирования структуры и электронного строения молекул. Адиабатическое приближение. Понятие о поверхности потенциальной энергии молекулы. Метод молекулярных орбиталей (МО) как основа современной квантовой химии. Основные принципы построения неэмпирических и полуэмпирических квантово-химических методов. Использование методов квантовой химии для расчетов наблюдаемых свойств молекул. Анализ электронного строения молекул в терминах эффективных зарядов на атомах и заселенностей (порядков) связей.

Сопряженные молекулы как лиганды в ЭОС. Электронное строение сопряженных молекул в π -электронном приближении. Метод Хюккеля. Схемы π -электронных уровней энергий и π -МО аллила, бутадиена, аниона цикlopentadiенила, бензола, циклооктатетраена.

Концепция ароматичности в химии ЭОС. Примеры металлоорганических ароматических систем.

Природа химических связей в ЭОС. Гибридные орбитали и принципы их использования в качественной теории химического строения. Классификация типов химических связей в ЭОС. Природа связи в олефиновых, ацетиленовых, цикlopentadiенильных и ареновых комплексах переходных металлов. Кратные связи элемент-углерод и элемент-элемент. Многоцентровые связи.

Симметрия молекул и ее использование в теории химического строения ЭОС.

Молекулярные орбитали в олефиновых, аллильных, цикlopentadiенильных и ареновых комплексах. Химические связи в электронодефицитных молекулах (на примерах простейших и полиэдрических гидридов бора и карборанов).

Качественные способы оценки стабильности ЭОС. Правило эффективного атомного номера. Принцип изолобальной аналогии и его приложения.

Теоретические основы стереохимии ЭОС. Понятие о конформациях и конфигурациях. Координационные полиэдры, характерные для координационных чисел 4, 5, 6. Хиральность полиэдров с моно- и бидентатными лигандами. Планарная хиральность и оптическая активность металлокомплексов с π -олефиновыми, π -циклопентадиенильными, π -ареновыми лигандами.

2. Реакционная способность элементоорганических соединений

Основные типы реагентов (электрофилы, нуклеофилы, протофилы, радикалофилы, карбеноиды). Классификация основных типов реакций с участием ЭОС. Реакции по связи металл-лиганд (реакции замещения, присоединения, элиминирования, фрагментации, внедрения, окислительного присоединения, восстановительного элиминирования). Превращения лигандов в координационной сфере металлов (структурно нежесткие соединения, внутримолекулярные перегруппировки и молекулярная динамика ЭОС (таутомерия, металлотропия, внутренние вращения вокруг связи металл-лиганд). Окислительно-восстановительные превращения металлоорганических соединений.

Различия в строении и свойствах ЭОС в газовой, жидкой и твердой фазах. Роль полярности среды и специфической сольватации. Ионы и ионные пары, их реакционная способность.

Равновесная СН-кислотность, шкалы СН-кислотности, влияние строения СН-кислот на равновесную СН-кислотность, кинетическая кислотность СН-кислот.

3. Физические методы исследования структуры и электронного строения ЭОС

ЯМР-спектроскопии (импульсная ЯМР-фурье спектроскопия, динамический ЯМР) в исследовании строения и реакционной способности ЭОС. Физические и теоретические основы метода. Понятие об основных ЯМР-параметрах: химическом сдвиге, константах спин-спинового взаимодействия, временах релаксации. Области применения в химии ЭОС: изучение строения и динамики молекул, определение примесей.

Масс-спектрометрия. Физические и теоретические основы метода. Области применения в химии ЭОС: установление состава и строения молекул, качественный и количественный анализ смесей (хроматомасс-спектрометрия), определение микропримесей, изотопный анализ, измерение термодинамических параметров (энергии ионизации молекул, энергии появления ионов, энергии диссоциации связей), изучение ионно-молекулярных реакций, газофазная кислотность и основность молекул.

Метод рентгеноструктурного анализа (РСА). Физические и теоретические основы метода. Области применения в химии ЭОС: установление строения молекул и кристаллов, исследование природы химических связей.

Фото- (ФЭС) и рентгенофотоэлектронная (ЭСХА) спектроскопии. Физические и теоретические основы методов. Применение в химии ЭОС: изучение электронного строения молекул, измерение энергий ионизации.

Оптическая спектроскопия (ИК-, УФ-, КР). Физические и теоретические основы методов. Применение в химии ЭОС: установление строения молекул, изучение динамики молекул, измерение концентрации. Применение симметрии при интерпретации экспериментальных спектров.

Спектроскопия электронного парамагнитного резонанса (ЭПР). Физические и теоретические основы методов. Применение в химии ЭОС: установление строения радикалов, изучение динамики молекул и механизмов радикальных реакций.

4. Органические производные непереходных элементов

Органические производные щелочных металлов (I группа).

Литийорганические соединения, их свойства, строение, методы получения и применение в органическом синтезе.

Органические соединения натрия и калия.

Реакции металлизации. Ароматические анион-радикалы: образование, строение, свойства.

Органические производные элементов II группы.

Магнийорганические соединения: получение, строение, свойства. Роль растворителя в синтезе магнийорганических соединений. Реакционная способность магнийорганических соединений и их применение в органическом и металлоорганическом синтезе.

Органические производные элементов XII группы.

Цинк- и кадмийорганические соединения: получение, строение, свойства. Реакция Реформатского.

Органические соединения ртути: получение, строение, свойства. Меркурирование ароматических соединений. Реакция Несмеянова.

Симметризация и диспропорционирование ртутьорганических соединений. Ртутьорганические соединения в синтезе органических производных других металлов и органическом синтезе.

Органические соединения элементов III группы.

Борорганические соединения. Основные типы соединений, синтез, свойства, реакции. Гидроборирование ненасыщенных соединений, региоселективность реакции. Применение борорганических соединений в органическом синтезе.

Карбораны, металлокарбораны, получение, свойства. Основные типы карборанов. Икосаэдрические карбораны, основные реакции.

Алюминийорганические соединения. Основные типы соединений, синтез, свойства, реакции. Катализаторы Циглера-Натта. Применение алюминийорганических соединений в промышленности и органическом синтезе.

Органические соединения элементов XIII группы.

Галлий-, индий- и таллийорганические соединения: получение, строение, свойства.

Применение таллийорганических соединений в органическом синтезе.

Получение полупроводниковых материалов методом газофазного разложения галлий- и индийорганических соединений.

Сравнительная реакционная способность органических производных элементов XIII группы.

Органические соединения элементов XIV группы.

Кремнийорганические соединения: получение, строение, свойства.

Гидросилилирование ненасыщенных производных. Полиорганосилоксаны. Силиловые эфиры. Кремнийорганические соединения в органическом синтезе и промышленности.

Германий-, олово- и свинецорганические соединения. Основные типы соединений, получение, строение, свойства и реакции. Представление о гипервалентных соединениях.

Практическое использование органических производных элементов XIV группы.

Соединения элементов XIV группы с σ -связью элемент-элемент: синтез, строение, свойства.

Соединения элементов XIV группы с кратными связями элемент-элемент: синтез, строение, свойства. Проблема двоевязанности в химии ЭОС непереходных элементов.

Органические производные элементов XV группы.

Органические производные фосфора и мышьяка, основные типы соединений высшей и низшей степеней окисления, методы синтеза, строение, свойства. Гетероциклические соединения фосфора. Реакция Виттига. Применение органических производных элементов V группы в промышленности, сельском хозяйстве, медицине.

Сурьма- и висмуторганические соединения.

5. Органические производные переходных металлов

Классификация металлоорганических соединений переходных металлов по типу лигандов, координированных с металлом.

Карбонильные комплексы переходных металлов.

Основные типы карбониллов металлов. Методы синтеза, строение и реакции. Карбонилат анионы, карбонил галогениды, карбонил-гидриды. Природа связи металл-карбонил.

Металлкарбонильные кластеры переходных металлов. Основные типы, получение. Стереохимическая нежесткость: миграция карбонильных, гидридных, углеводородных лигандов и металлического остова. Превращения углеводородов на кластерных карбонилах металлов.

Практическое применение карбониллов металлов.

Соединения с σ -связью металл-углерод

Основные типы σ -органических производных переходных металлов: синтез, строение, свойства. Факторы, влияющие на их устойчивость. Роль стабилизирующих n - и π -лигандов. σ -Ацетиленовые производные переходных металлов.

Реакции σ -производных: расщепление σ -связи М-С, внедрение ненасыщенных молекул, восстановительное элиминирование, σ -перегруппировки.

Гидридные комплексы переходных металлов.

Основные типы водородных комплексов переходных металлов. Соединения с водородным атомом: моно-, би- и полиядерные. Соединения с терминальным и мостиковым атомами водорода. Соединения с молекулярным водородом: синтез, строение, свойства. Характер связи металл-водород, ее полярность, возможность диссоциации. Взаимные превращения водородных комплексов и σ -органических соединений переходных металлов. Роль водородных комплексов в металлоорганическом синтезе и катализе.

Карбеновые и карбиновые комплексы переходных металлов.

Карбеновые комплексы переходных металлов. Электронное строение. σ, π -Синергизм. Карбеновые комплексы Фишера. Карбеновые комплексы Шрока. Методы синтеза карбеновых комплексов Фишера (по Фишеру, по Лэпперту, из диазоалканов и σ -комплексов переходных металлов).

Реакции карбеновых комплексов Фишера (нуклеофильное присоединение к $C(\alpha)$, депротонирование связей $C(\beta)-H$). Роль карбеновых комплексов в катализе (метатезис олефинов). Использование в тонком органическом синтезе. Реакция Детца. Метатезис циклических алкенов.

Карбиновые комплексы переходных металлов. Электронное строение. Карбиновые комплексы Фишера. Карбиновые комплексы Шрока. Синтез карбиновых комплексов действием кислот Льюиса на карбеновые комплексы Фишера. Реакции карбиновых комплексов с нуклеофильными реагентами. Роль карбиновых комплексов в катализе: метатезис и полимеризация алкинов.

π -Комплексы переходных металлов

Общая характеристика строения и устойчивости. Различные типы связей металл-лиганд. Структурно нежесткие соединения. Внутренняя динамика молекул.

π -Комплексы металлов с олефинами

Типы комплексов с линейными и циклическими моно- и полиолефинами. Методы получения, строение, свойства. Природа связи олефина с металлом. Реакции π -координированных лигандов. Циклобутadiенжелезотрикарбонил. Роль олефиновых комплексов в катализе.

π -Ацетиленовые комплексы

Типы ацетиленовых комплексов. Методы получения, строение, свойства. Моно- и биметаллические комплексы. Ацетилен – винилиденная перегруппировка в координационной сфере металлов как метод синтеза винилиденных комплексов. Ацетиленовые комплексы в катализе.

Аллильные комплексы

Типы аллильных комплексов. Методы синтеза, строение, реакции. Роль в катализе.

Циклопентадиенильные комплексы

Типы комплексов. Строение.

Металлоцены: ферроцен, никелецен, кобальтоцен. Синтез. Реакционная способность (замещение в лиганде, реакции с разрывом связи металл-кольцо, редокс-реакции). Металлоценилалкильные катионы.

Циклопентадиенильные производные титана и циркония. Типы комплексов. Синтез, применение в катализе процессов полимеризации.

Циклопентадиенилкарбонильные комплексы. Синтез. Химия циклопентадиенилмарганецтрикарбонила (цимантрена).

Циклопентадиенилкарбонильные комплексы железа, кобальта, молибдена.

Ареновые комплексы

Типы ареновых комплексов.

Бис-ареновые комплексы хрома. Методы получения и реакции.

Аренхромтрикарбонильные комплексы. Методы получения и реакции. Применение в органическом синтезе.

Катионные ареновые комплексы железа и марганца. Синтез и реакции.

Би- и полиядерные соединения переходных металлов.

Линейные би- и полиядерные соединения переходных металлов: синтез, строение, свойства. Природа связи металл-лиганд. Соединения с кратными связями металл-металл.

Кластерные (каркасные) соединения переходных металлов. Важнейшие структурные типы кластеров, их минимальные и максимальные размеры. Электронное строение. Свойства и динамика молекул.

Каталитические процессы с участием металлоорганических соединений переходных металлов

Олигомеризация олефинов и ацетиленов. Никелевые комплексы в катализе олигомеризации этилена. Циклоолигомеризация (системы, содержащие никель (0)) и линейная олигомеризация бутадиена (системы, содержащие палладий (0)). Циклическая тримеризация и тетрамеризация ацетиленов (синтез производных бензола и циклооктатетраена).

Полимеризация олефинов: катализаторы Циглера-Натта, полиэтилен, полипропилен. Стереоспецифическая полимеризация бутадиена.

Изомеризация олефинов: миграция двойной связи с участием металлалкильных и металлаллильных интермедиатов. Реакция метатезиса олефинов.

Гомогенное гидрирование: комплексы с молекулярным водородом, механизмы активации водорода, родиевые, кобальтовые и рутениевые катализаторы. Селективное гидрирование. Асимметрическое гидрирование.

Каталитические превращения моноуглеродных молекул; оксо-синтез: кобальтовые и родиевые катализаторы. Синтез Фишера-Тропша. Конверсия водяного газа. Карбонилирование и гидрокарбонилирование.

Окисление олефинов: эпоксидирование, катализируемое переходными металлами. Получение ацетальдегида и винилацетата из этилена.

Аллильное алкилирование СН-, NH- и OH- органических соединений в условиях металлокомплексного катализа. Моно-, ди- и полидентатные лиганды. Хиральные лиганды и асимметрический синтез.

Метатезис олефинов и ацетиленов. Реакция кросс-сочетания.

Основные представления биометаллоорганической химии

Понятие о металлоферментах: хлорофилл, цитохромы, ферредоксины, витамин В₁₂, строение и биологические функции. Применение металлоорганических соединений в медицине.

Органические соединения f-элементов

Представления об органических соединениях f-элементов. Важнейшие структурные типы, методы синтеза, природа связи, динамика молекул.

Методические материалы для проведения процедур оценивания результатов обучения

Кандидатский экзамен проводится по билетам, каждый из которых включает теоретические вопросы и практическое контрольное задание (ПКЗ). Для подготовки ответа аспирант (соискатель ученой степени) использует экзаменационные листы, которые сохраняются после приема экзамена в течение года. На каждого соискателя ученой степени заполняется протокол приема кандидатского экзамена, в который вносятся вопросы билетов и вопросы, заданные соискателю членами комиссии. Уровень знаний соискателя ученой степени оценивается на «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно». Протокол приема кандидатского экзамена подписывается членами комиссии с указанием их ученой степени, ученого звания, занимаемой должности и специальности согласно номенклатуре специальностей научных работников. В ходе экзамена, проводимого в форме индивидуального собеседования, оценивается степень сформированности «знаниевой» компоненты компетенции УК-2 (именно - знание методов научно-исследовательской деятельности) и ПК-7 (знание современного состояния науки в области химии элементоорганических соединений). Частично сформированность умения выбирать и применять в профессиональной деятельности экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследования (ОПК-1) проверяется при выполнении ПКЗ, их оценка учитывается как одна из составляющих общей оценки экзамена кандидатского минимума.

Рабочая программа дисциплины

1. Код и наименование дисциплины **Химия высокоэнергетических процессов**

2. Уровень высшего образования – подготовка научно-педагогических кадров в аспирантуре.

3. Направление подготовки 04.06.01 Химические науки. Направленность программы **Химия высоких энергий**

4. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП

Вариативная часть ООП, обязательная дисциплина, которую учащийся должен освоить для сдачи экзамена кандидатского минимума (4 семестр 2 год обучения).

5. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

Формируемые компетенции (код компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)
УК-2	31 (УК-2) Знать методы научно-исследовательской деятельности
ОПК-1	У1 (ОПК-1) Уметь выбирать и применять в профессиональной деятельности экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследования
ПК-8	31 (ПК-8) современное состояние науки в области химии высоких энергий

6. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся:

Объем дисциплины (модуля) составляет 3 зачетных единиц, всего 108 часов, из которых 54 часа составляет контактная работа аспиранта с преподавателем (36 часов - занятия лекционного типа, 10 часов групповые консультации, 4 часа мероприятия текущего контроля успеваемости, 4 часа мероприятия промежуточной аттестации), 54 часа составляет самостоятельная работа аспиранта.

7. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия.

Специализированное образование в области физической химии или химической физики, владение английским языком

8. Образовательные технологии.

Используются следующие технологии: традиционные лекции с использованием мультимедийных презентаций; лекции проблемного характера. Преподавание дисциплины проводится в форме авторского курса по программе, составленной на основе результатов исследований, проведенных зарубежными, советскими и российскими учеными, в том числе, принадлежащими к школе МГУ.

9. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических или астрономических часов и виды учебных занятий

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	В том числе								
	Всего (часы)	Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы					Самостоятельная работа обучающегося, часы		
		из них					из них		
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Групповые консультации	Учебные занятия, направленные на проведение текущего контроля успеваемости коллоквиумы, практические контрольные занятия и др)*	Всего	Выполнение домашних заданий	Подготовка рефератов и т.п	Всего
Раздел 1. Основы химии высокоэнергетических процессов	48	22		6	2	30	18		18
1.1 Общая характеристика химии высоких энергий	10	6				6	4		4
1.2 Механизмы элементарных процессов в химии высоких энергий	15	8		2		10	5		5
1.3 Экспериментальные методы исследований в химии высоких энергий	11	4		2		6	5		5
1.4 Принципы ра-	12	4		2	2	8	4		4

диагии-онной химии и фотохимии молекулярных систем									
Раздел 2. Практические аспекты химии высоких энергий	38	14		4	2	20	18		18
2.1 Источники излучения для научных исследований и технологий	10	4				4	6		6
2.2 Принципы технологий, основанных на использовании высоко-энергетических процессов	14	6		2		8	6		6
2.3 Высокоэнергетические химические процессы в природе и технике	14	4		2	2	8	6		6
Промежуточная аттестация экзамен кандидатского минимума	22		4				18		
Итого:	108	36		10-	4	54	36		54

10. Учебно-методические материалы для самостоятельной работы аспирантов.

Методические указания к самостоятельной работе расположены на сайте <http://www.kc.chem.msu.ru/>.

11. Ресурсное обеспечение:

- Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная литература

1. Экспериментальные методы в химии высоких энергий / Под ред. М.Я. Мельникова. М.: изд-во МГУ, 2009.

Дополнительная литература

1. Бугаенко Л.Т., Кузьмин М.Г., Полак Л.С. Химия высоких энергий. М.: Химия, 1988

2. Хенли Э, Джонсон Э. Радиационная химия. М.: Атомиздат, 1974

3. Оригинальные статьи и обзоры по различным аспектам химии высоких энергий.

- Перечень используемых информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса, включая программное обеспечение, информационные справочные системы (при необходимости):

Интернет-ресурсы

1. Учебные материалы (презентации лекций, также методические указания к самостоятельной работе расположены на сайте <http://www.rc.chem.msu.ru/>.

2. Электронная библиотека РФФИ <http://elibrary.ru/defaultx.asp>

3. Доступ к коллекциям книг (2009-2010) и журналов издательства " Elsevier ". <http://www.sciencedirect.com/>

4. Доступ к реферативным базам данных <http://www.scopus.com> и <http://www.isiknowledge.com>

- Описание материально-технической базы.

Лаборатория Химии высоких энергий кафедры электрохимии имеет материально-техническую базу, обеспечивающую проведение всех предусмотренных учебной программой аспирантов видов теоретической и практической подготовки. Специальные аудитории на кафедре имеют:

мультимедиа-проектор с экраном, персональные компьютеры (в том числе ноутбуки), оснащенные всеми необходимыми программами, базами данных и выходом в интернет, оргтехнику (принтеры и сканеры), учебные материалы на электронных носителях.

Презентации лекций, а также вспомогательный материал для самостоятельной работы доступен аспирантам на сайте

<http://www.rc.chem.msu.ru/>

12. Язык преподавания - русский

13. Преподаватель:

Д.х.н., профессор Фельдман Владимир Исаевич, лаборатория химии высоких энергий химического факультета МГУ,
feldman@rc.chem.msu.ru, 48-70

Фонды оценочных средств, необходимые для оценки результатов обучения

1. **Планируемые результаты обучения** для формирования компетенций п.5 и соответствующие им критерии оценивания приведены в Приложении 8.

2. ПРОГРАММА-МИНИМУМ кандидатского экзамена по специальности **02.00.09 «Химия высоких энергий»** по химическим, физико-математическим и техническим наукам

Введение

В основу настоящей программы положены следующие дисциплины :радиационная химия, плазмохимия, фотохимия, элементы радиационной физики и кинетики элементарных стадий химических реакций. Программа разработана экспертным советом Высшей аттестационной комиссии по химии (по неорганической химии) при участии ИФХ РАН, МГУ им. М.В. Ломоносова и ИХФ РАН.

1. Природа и свойства возбужденных состояний и активных интермедиатов

Атомы, молекулы ионы, радикалы, ион-радикалы, сверхвозбужденные состояния, плазма. Классификация возбужденных состояний. Времена жизни возбужденных состояний в газах и различных конденсированных фазах. Электрон в конденсированных средах, (формы стабилизации), фононы.

2. Взаимодействие излучений и частиц высоких энергий с веществом. Основные понятия единицы

Электромагнитное излучение (видимое и УФ, ИК, законы поглощения света, квантовый выход реакции). Ионизирующее электромагнитное излучение (гамма и рентген), радиационно-химический выход.

Частицы высоких энергий: электроны (ионизация, замедление, термализация), ионы, нейтроны, позитроны, мюоны, атомы и молекулы при сверхзвуковых скоростях. Пространственное распределение первичных продуктов при воздействии различных видов излучений на вещество. Перенос энергии возбуждения излучательный и безизлучательный.

3. Особенности кинетики реакций в химии высоких энергий

Временные интервалы процессов в химии высоких энергий:

- физическая стадия образования «горячего пятна»

- физико-химическая стадия – неравновесность и негомогенность в «горячем пятне».

- химическая стадия превращения, подчиняющаяся общим законам химической кинетики.

Неравновесная химическая кинетики. Взаимное влияние химической реакции и функции распределения частиц по энергиям. Неравновесность и негомогенность в процессах химии высоких энергий.

Особенности движения частиц в конденсированной фазе. Расстояние между молекулами, длина свободного пробега, частота столкновений, характер столкновений. Клеточный эффект.

Туннельные эффекты в химии высоких энергий Экспериментальное наблюдение туннельных эффектов. Константа скорости туннельной реакции. Расстояние туннелирования. Низкотемпературный предел константы скорости реакции.

Метод стационарных концентраций в радиационной - и фотохимии, реакции возбужденных молекул и активных интермедиатов.

Перенос электрона. Теория Маркуса, энергия реорганизации среды. Зависимость константы скорости от свободной энергии переноса электрона.

Диссоциация, предиссоциация в газовой, жидкой и твердой фазе; спектральные проявления; роль среды, мультиплетности состояний. Фемтосекундная динамика.

Адиабатические и диабатические реакции фотопереноса протона. Влияние среды и свойств реагентов на механизм и константы скорости фотопереноса протона.

4. Методы химии высоких энергий, источники излучений

Источники излучений (изотопные гамма-установки, источники альфа и бета-излучения, ускорители заряженных частиц, ядерные реакторы. Импульсный радиолиз, лазеры.)

Эргометрия. Оптическая спектроскопия (абсорбционная и эмиссионная, стационарная и импульсная); люминесцентные методы. Магнитная резонансная спектроскопия. Масс-спектроскопия. Калориметрия. Мессбауэровская спектроскопия. Аннигиляция позитронов.

5. Основы фотохимии и лазерной химии

Фотовозбуждение однофотонное и многофотонное. Первичные реакции возбужденных молекул. Специфичность влияния электронного и колебательного возбуждения молекул на их химические свойства. Вторичные реакции. Фотоинициирование цепных реакций. Особенности кинетики и динамики фотореакций в наносекундной, пикосекундной и фемтосекундной областях. Роль когерентности и вариации частоты. Фотохимические и лазерохимические технологии. Фотохимические и лазерохимические методы в химии, биологии и науках о материалах

6. Основы радиационной химии

Дозиметрия ионизирующих излучений (физическая, химическая). Радиолиз в газовой фазе; цепные реакции. Радиолиз воды и других неорганических жидкостей. Радиолиз органических соединений; радиационная полимеризация (радиационная, ионная) и радиационно-химические процессы в полимерах (деструкция, сшивка, сополимеризация, прививка в полимерах). Радиационно-химические процессы в твердых телах (эффект клетки, радиолиз нитратов, ШГК, стекол) и гетерогенных системах (катализ, коррозия, электрохимические процессы, радиолиз адсорбционных веществ, кинетика растворения). Эффект мощности дозы.

7. Основы плазмохимии

Кинетические особенности плазмохимических процессов. Механизмы плазмохимических реакций. Вращательное, колебательное и электронное возбуждение молекул в плазме. Диссоциация возбужденных молекул и диссоциативный захват электрона, ступенчатая диссоциация, диссоциативная рекомбинация молекулярных ионов с электронами. Термодинамика плазмохимических систем. Плазмохимические реакции в турбулентных потоках. Роль внешних полей. Генераторы низкотемпературной плазмы и плазмохимические реакторы. Диагностика низкотемпературной плазмы. Плазмохимические технологии.

Примеры ПКЗ:

1. Представить энергетические и кинетические характеристики предложенных процессов химии высоких энергий в молекулярной и лабораторной шкале.
2. Определить начальный (истинный) радиационно-химический выход из предложенной экспериментальной кривой накопления продукта.
3. Сопоставить энергетическую эффективность фотохимической и радиационно-химической изомеризации при известных величинах квантового выхода и радиационно-химического выхода.
4. Написать вероятные пути превращений катион-радикалов и электронов для предложенного простого соединения.

5. Предложить и обосновать оптимальный метод исследования интермедиатов радиационно-химического или фотохимического процесса (конкретный процесс предлагается преподавателем).
6. Оценить характерные времена перехода от физико-химической к химической стадии радиационно-химических процессов для предложенного ряда конденсированных сред с различной вязкостью.
7. Предложить и обосновать оптимальный метод модифицирования материала для придания ему требуемых свойств (радиационно-химический, фотохимический или плазмохимический).
8. Сопоставить возможности и ограничения традиционных технологий очистки воды и технологий, основанных на применении процессов химии высоких энергий в случае конкретных загрязнений (состав предлагается преподавателем).
9. Оценить радиационную обстановку в окрестностях Марса (окрестностях Луны, околоземном пространстве) с точки зрения возможных радиационно-химических эффектов.
10. Провести анализ влияния вязкости среды на временную шкалу высокоэнергетических химических процессов с учетом возможности пост-эффектов.
11. Определить начальные (истинные) и эффективные энергетического выхода радиационно-химических и фотохимических процессов из кинетических кривых накопления продуктов и расходования исходных веществ.
12. Сравнить возможности и ограничения традиционных технологий очистки (а) воды (б) дымовых газов с соответствующими технологиями, основанными на применении процессов химии высоких энергий.

Методические материалы для проведения процедур оценивания результатов обучения

Кандидатский экзамен проводится по билетам, каждый из которых включает теоретические вопросы и практическое контрольное задание (ПКЗ). Для подготовки ответа аспирант (соискатель ученой степени) использует экзаменационные листы, которые сохраняются после приема экзамена в течение года. На каждого соискателя ученой степени заполняется протокол приема кандидатского экзамена, в который вносятся вопросы билетов и вопросы, заданные соискателю членами комиссии. Уровень знаний соискателя ученой степени оценивается на «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно». Протокол приема кандидатского экзамена подписывается членами комиссии с указанием их ученой степени, ученого звания, занимаемой должности и специальности согласно номенклатуре специальностей научных работников. В ходе экзамена, проводимого в форме индивидуального собеседования, оценивается степень сформированности «знаниевой» компоненты компетенции УК-2 (именно - знание методов научно-исследовательской деятельности) и ПК-8 (знание современного состояния науки в области химии высоких энергий). Частично сформированность умения выбирать и применять в профессиональной деятельности экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследования (ОПК-1) проверяется при выполнении ПКЗ, их оценка учитывается как одна из составляющих общей оценки экзамена кандидатского минимума

Рабочая программа дисциплины

1. Код и наименование дисциплины **Актуальные проблемы молекулярной биологии**

2. Уровень высшего образования – подготовка научно-педагогических кадров в аспирантуре.

3. Направление подготовки 04.06.01 Химические науки. Направленность программы **Биоорганическая химия**.

4. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП

Вариативная часть ООП, обязательная дисциплина, которую учащийся должен освоить для сдачи экзамена кандидатского минимума (4 семестр 2 год обучения).

5. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

Формируемые компетенции (код компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)
УК-2	З1 (УК-2) Знать методы научно-исследовательской деятельности
ОПК-2	У1 (ОПК-1) Уметь выбирать и применять в профессиональной деятельности экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследования
ПК-9	З1 (ПК-9) Знать современное состояние науки в области биоорганической химии

6. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся:

Объем дисциплины (модуля) составляет 3 зачетных единицы, всего 108 часов, из которых 90 часов составляет контактная работа аспиранта с преподавателем (семинары), 18 часов составляет самостоятельная работа аспиранта.

7. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия.

В специалитете или магистратуре должны быть освоены общие курсы Неорганическая химия, Аналитическая химия, Органическая химия, Химические основы биологических процессов, Введение в специализацию: Химия моно- и дисахаридов, Основы биохимии, Химия белка, Химия нуклеиновых кислот, Методы исследования белков и нуклеиновых кислот, Генетическая инженерия, Молекулярная и клеточная биология, Иммунология, Математический анализ, Механика, Электричество.

8. Образовательные технологии.

Преподавание ведется в форме авторских курсов, составленных с учетом научных разработок сотрудников химфака МГУ.

9. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических или астрономических часов и виды учебных занятий

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе								
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них						Самостоятельная работа обучающегося, часы из них		
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Групповые консультации	Индивидуальные консультации	Учебные занятия, направленные на проведение текущего контроля успеваемости коллоквиумы, практические контрольные занятия и др)*	Всего	Выполнение домашних заданий	Подготовка рефератов и т.п..	Всего
Тема 1. Инструментальные методы молекулярной и клеточной биологии	10	-	7	-	-	-	7	-	3	3
Тема 2. Генетическая инженерия	5	-	3	-	-	-	3	-	2	2
Тема 3. Молекулярный докинг лигандов белков и нуклеиновых кислот	4	-	3	-	-	-	3	-	1	1

Тема 4. Репликация ДНК прокариот и эукариот	6	-	4	-	-	-	4	-	2	2
Тема 5. Рестрикция и модификация ДНК	5	-	3	-	-	-	3	-	2	2
Тема 6. Клеточный цикл прокариот и эукариот	6	-	4	-	-	-	4	-	2	2
Тема 7. Стратегии репликации бактериофагов и вирусов	3	-	2	-	-	-	2	-	1	1
Тема 8. Репарация и рекомбинация ДНК	5	-	3	-	-	-	3	-	2	2
Тема 9. Транскрипция прокариот и эукариот	6	-	4	-	-	-	4	-	2	2
Тема 10. Регуляция внутриклеточных процессов	5	-	3	-	-	-	3	-	2	2
Тема 11. Биосинтез белка прокариот и эукариот	7	-	5	-	-	-	5	-	2	2
Тема 12. Клеточный транспорт прокариот и эукариот	5	-	3	-	-	-	3	-	2	2
Тема 13. Стратегии дизайна лекарств и	9	-	6	-	-	-	6	-	3	3

принципы их направ- ленной доставки										
Тема 14. Синтетиче- ская биология	8	-	6	-	-	-	6	-	2	2
Промежуточная ат- тестация экзамен кандидатского мини- мума	24	6						18		
Итого	108		62				62			46

10. Ресурсное обеспечение:

Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная литература

1. B.Lewin. Genes VIII. Pearson Education, NJ, 2004.
2. Льюин Б. Гены. Москва. Бином. 2012.
3. B.Alberts, A.Johnson, J.Lewis, M.Raff, K.Roberts, P.Walter. Molecular Biology of the Cell (4th ed.) Garland Science, New York, 2002.

Вспомогательная литература

1. Nature: international weekly journal of science.
2. Cell journal.
3. Science journal.
4. Proceedings of the National academy of Sciences of the United States of America journal.
5. The journal of Biological chemistry.
6. Theranostics journal.

Интернет-ресурсы

1. Сайт-компаньон к 3 изданию книги Leningher A.L., Nelson D.L., Cox M.M. Principles of Biochemistry (Worth Publishers, 2000), с интерактивным 3D структурным модулем:
<http://rnp-group.belozersky.msu.ru/links.html>
2. Biochemistry online: An Approach Based on Chemical Logic, by Dr. Henry Jakubowsky:
<http://employees.csbsju.edu/hjakubowski/classes/ch331/bcintro/default.html>
3. Berg J.M., Tymoczko J.L., Stryer L. Biochemistry, 5th Edition, Online hypertextbook:
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/bv.fcgi?call=bv.View..ShowTOC&rid=stryer.TOC&depth=2>

4. Online Biology Book, by Farabee M.J.
<http://www.estrellamountain.edu/faculty/farabee/biobk/biobooktoc.html>
5. Коллекция клипов по биологии клетки: <http://vcell.ndsu.nodak.edu/animations/>
6. The Medical Biochemistry Page: <http://themedicalbiochemistrypage.org/>

- Описание материально-технической базы.

Семинарские занятия проводятся в аудиториях, оборудованных для мультимедийных презентаций.

11. Язык преподавания - русский

12. Преподаватель (преподаватели).

старший научный сотрудник, кандидат химических наук Королев Сергей Павлович, spkorolev@mail.ru

профессор, доктор химических наук Громова Елизавета Сергеевна, gromova@genebee.msu.ru, (495)9393144

Фонды оценочных средств, необходимые для оценки результатов обучения

1. Планируемые результаты обучения для формирования компетенций п.5 и соответствующие им критерии оценивания приведены в Приложении 8.

2. Примеры тем презентаций для научной сессии по проверке сформированности навыков планирования научного исследования, анализа получаемых результатов и формулировки выводов (ОПК-1):

1. Пересадка клеточных ядер: предотвращение заболеваний, связанных с митохондриальными генами; трансформация соматических клеток в стволовые.
2. Новые рибозимы, проясняющие возможности пребиотической эволюции.
3. Использование лучей Бесселя в SPIM микроскопии.

3. ПРОГРАММА-МИНИМУМ кандидатского экзамена по специальности **02.00.10 «Биоорганическая химия»** по химическим, биологическим и техническим наукам

Введение

В основу настоящей программы положены важнейшие разделы биоорганической химии: аминокислоты и белки, нуклеозиды, нуклеотиды и нуклеиновые кислоты, углеводы и гликоконъюгаты, липиды, биологические мембраны, порфирины и хромо-

протеиды, химические основы иммунологии, низкомолекулярные биорегуляторы, физико-химические методы выделения и исследования биорегуляторов.

Программа разработана экспертным советом Высшей аттестационной комиссии по химии (по органической химии) при участии Института биоорганической химии РАН им. М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова и Московской государственной академией тонкой химической технологии им. М.В. Ломоносова.

1. Аминокислоты, пептиды, белки

Аминокислоты. Номенклатура, строение. Генетически кодируемые аминокислоты. Оптическая изомерия α-аминокислот. Кислотно-основные свойства. Химические свойства: реакции α-амино- и α-карбоксильной группы, функциональных групп боковых цепей. Методы синтеза аминокислот.

Пептиды. Природа пептидной связи. Гомодетные и гетеродетные пептиды, депсипептиды. Линейные и циклические пептиды. Ионы.

Химический синтез пептидов. Методы защиты функциональных групп. Создание пептидной связи: методы смешанных ангидридов, активированных эфиров, карбодиимидный и карбоксиангидридный методы конденсации. Представление о блочном и ступенчатом синтезе пептидов. Проблема рацемизации. Твердофазный синтез пептидов. Ферментативный синтез и полусинтез пептидов и белков. Структура и функция биологически активных пептидов. Пептидные гормоны и рилизинг-факторы. Нейропептиды. Представление о пептидах, нейротрансмиттерах, нейромодуляторах, коннекторах. Энкефалины и эндорфины. Окситоцин и вазопрессин. Иммуноактивные пептиды. Пептидные токсины и антибиотики. Пептиды как лекарственные средства.

Первичная структура белков. Общая стратегия определения структуры белков. Анализ аминокислотного состава. Определение N- и C-концевых аминокислотных остатков. Фрагментация полипептидной цепи. Ферментативные методы гидролиза. Ограниченный протеолиз. Химические методы расщепления полипептидной цепи по остаткам метионина, триптофана, цистеина и по связям Asn-Gly и Asp-Pro.

Последовательная деградация пептидов по методу Эдмана с идентификацией фенилтиогидантоинов и дансиламинокислот. Определение аминокислотной последовательности белка с помощью жидкофазного, твердофазного и газофазного секвенаторов. Анализ расположения сульфгидрильных групп и дисульфидных связей. Использование масс-спектрометрии при определении первичной структуры пептидов. Сложные белки: глико-, липо-, нуклео-, хромо-, фосфо- и металлопротеины.

Химическая модификация белков. Задачи, решаемые с помощью химической модификации. Специфическая модификация α- и ε-аминогрупп в белках. Модификация остатков гистидина, метионина, тирозина, триптофана, цистеина. Бифункциональные реагенты. Введение флуоресцентных, спиновых и фотоаффинных меток. Методы идентификации модифицированных аминокислотных остатков. Биоспецифическая модификация белков.

Посттрансляционная модификация белков. Ферментативная посттрансляционная модификация с расщеплением полипептидной цепи. Понятие о сигнальных пептидах и процессинге. Сортировка белков в клетке. Импорт белков в клеточные органеллы. Ковалентная посттрансляционная модификация α-амино- и α-карбоксильных групп, функциональных групп боковых цепей аминокислот (метилование, гидроксилирование, введение дополнительной карбоксильной группы, фосфорилирование, гликозилирование, ADP-рибозилирование).

Пространственная структура белков. Понятие о вторичной, третичной и четвертичной структурах. Электронное строение и конфигурация пептидной связи. Углы ϕ , ψ , ω . Карты Рамачандрана. Типы взаимодействий, определяющие пространственную структуру полипептидов. Связь пространственной структуры белка с последовательностью аминокислотных остатков. Роль молекулярных шаперонов. Вторичная структура пептидов и белков. α -Спираль, 3_{10} -спираль, параллельная и антипараллельная β -структуры, β -изгиб, другие типы регулярных структур полипептидной цепи. Круговой дихроизм и дисперсия оптического вращения как методы определения вторичной структуры. Сверхвторичная структура белков. Понятие о доменах. Третичная структура белков. Рентгеноструктурный анализ как метод изучения пространственного строения белков. Ядерный магнитный резонанс как метод исследования конформации пептидов и белков в растворах. Денатурация и ренатурация. Четвертичная структура белков. Примеры субъединичных структур. Методы исследования четвертичной структуры.

Биологическая роль белков. Ферменты. Классификация. Представление о биокатализе. Принципы ферментативной кинетики. Ингибиторы и активаторы ферментов. Факторы, влияющие на ферментативную активность. Понятие об активном центре. Фермент-субстратный комплекс. Функциональные группы активных центров ферментов на примере химотрипсина, лизоцима, карбоксипептидазы А. Причины высокой каталитической активности и механизм действия ферментов.

Белки-гормоны. Механизм действия пептидно-белковых гормонов.

Структура и свойства аденилатциклазной системы. Инсулин, гормоны роста. Гликопротеиновые гормоны аденогипофиза.

Белки системы гемостаза. Система свертывания крови. Интегрины. Антикоагулянты и фибринолитики.

Двигательные и структурные белки. Белки мышц и соединительных тканей. Актинмиозиновый комплекс. Тропомины. Белки бактериальной системы подвижности. Флагеллин. Цитоскелетные белки. Коллаген, кератин, фиброин шелка.

Рецепторные белки. Бактериородопсин. Зрительный родопсин. Ацетилхолиновый рецептор постсинаптических мембран.

Транспортные белки. АТФазы. Цитохром С, гемоглобин и миоглобин, сывороточный альбумин.

Белки-токсины микробного и растительного происхождения. Зоотоксины. Нейротоксины как инструменты изучения механизмов нервной проводимости.

3. Нуклеозиды, нуклеотиды и нуклеиновые кислоты

Нуклеозиды и нуклеотиды как компоненты нуклеиновых кислот - структура, стереохимия, физические и химические свойства, биосинтез. Минорные компоненты нуклеиновых кислот. Нуклеотиды вне нуклеиновых кислот: аденозинтрифосфат как универсальный аккумулятор энергии в клетке; нуклеозид-2,3-циклофосфаты; биологическая роль аденозин- и гуанозин-3,5-циклофосфата.

Первичная структура нуклеиновых кислот. Межнуклеотидные и N-гликозидные связи - сходство и различие их свойств в составе ДНК и РНК. Полярность межнуклеотидной связи и полинуклеотидной цепи. Необычная (2' - 5') межнуклеотидная связь.

Выяснение первичной структуры нуклеиновых кислот. Методы введения радиоактивной метки (изотопы и предшественники; мечение *in vivo*; терминальное и множественное мечение *in vitro* - кинирование, полимеразная достройка, ник-трансляция, РНК-лигаза). Метод блуждающего пятна (фингерпринт по Сенгеру). Метод Максама-Гилберта (химическое секвенирование). Метод дидезокситерминаторов Сенгера (ферментативное секвенирование). Анализ РНК (методы анализа через кДНК и прямые методы с использованием ферментативной и химической деградации). Нерадиоактивное мечение нуклеиновых кислот. Автоматизация секвенирования.

Вторичная структура нуклеиновых кислот. Рентгеноструктурные исследования ДНК. Положения Чаргаффа. Двойная спираль ДНК по Уотсону и

Крику и ее биологическое значение. Комплементарность и взаимная ориентация цепей. Канонические водородсвязанные пары оснований. Стэкинг оснований. Основные типы двойных спиралей (правозакрученные А, В и др., левозакрученная Z). Стереохимические характеристики мономеров в составе различных типов двуцепочечных ДНК (торзионные и двугранные углы, конформации углеводного кольца, конформации относительно гликозидных и 5'-4'-связей). Основные характеристики двойных спиралей - шаг спирали, углы спирального вращения, наклона, крена, пропеллер, смещение пар оснований относительно оси спирали, большая и малая бороздки, изгиб.

Денатурация и ренатурация двойных спиралей. Гипохромия. Гетеродуплексы. Олиго- и полинуклеотидные зонды как инструмент исследования нуклеиновых кислот.

Сверхспирализация ДНК - структурные характеристики и биологическая роль.

Особенности структуры ДНК в биологических образованиях (вирусы, прокариотические и эукариотические клетки).

Вторичная структура РНК, структурная консервативность РНК-РНК-спирали. Гибридные дуплексы ДНК-РНК, их биологическая роль. Антисмысловые нуклеиновые кислоты.

Третичная структура РНК.

Развитие представлений о ДНК как носителе и источнике генетической информации. Основные этапы воспроизведения и экспрессии генетической информации - репликация, транскрипция, трансляция. Генетический код - основные характеристики.

Механизмы репликации ДНК. Структурный ген - непрерывность и мозаичность (экзон-интронная структура). Перекрывание генов.

Регуляция транскрипции (оперон; промотор и предшествующие участки; оператор, репрессор, индуктор; терминатор, аттенуация; энхансеры). мРНК у прокариот и эукариот; про-мРНК и ее превращение в зрелую мРНК (сплайсинг, кепирование, полиаденилирование).

Основные этапы трансляции и принципы ее регуляции. тРНК и аминоацил-тРНК-синтетазы. Рибосомы - структура и функционирование. Посттрансляционный процессинг пептидов и белков. Складывание (фолдинг) белков с образованием функционально активной конформации.

Обратная транскрипция.

РНК как первичный источник генетической информации (РНК-содержащие бактериофаги).

Методы направленной ферментативной деградации нуклеиновых кислот. Классификация нуклеаз. Использование экзо- и эндонуклеаз для секвенирования нуклеиновых кислот. Эндонуклеазы рестрикции, их классы, структурные особенности, биологическая роль и использование для фрагментации и картирования ДНК. Эндонуклеазная активность РНК (рибозимы).

Полимеразная цепная реакция (амплификация *in vitro*) как метод направленного получения фрагментов ДНК. Факторы, влияющие на специфичность ПЦР. Однонаправленная ПЦР. Использование ПЦР для секвенирования ДНК, генетической рекомбинации *in vitro*, идентификации точечных мутаций.

Мутации и мутагенез. Источники мутаций в клетке. Мутагенез как инструмент исследования компонентов клетки и оптимизации клеточных процессов. Случайный мутагенез. Сайт-направленный мутагенез. Наследственные заболевания. Методы анализа мутаций в клетке. Генная терапия.

Искусственный синтез нуклеиновых кислот. Основные подходы к химическому замыканию межнуклеотидной связи (фосфодиэфирный, фосфотриэфирный, амидофосфитный, гидрофосфонатный методы). Синтез на полимерном носителе. Цикличность синтеза полимеров как основа для автоматизации. Выделение, очистка и идентификация синтетических олиго- и полинуклеотидов.

Полимеразы и лигазы как инструменты искусственного синтеза нуклеиновых кислот. Комбинации химических и ферментативных методов (включая полимеразную цепную реакцию) в синтезе генетических детерминант.

Генетическая инженерия (получение рекомбинантных ДНК *in vitro*). Эндонуклеазы рестрикции и ДНК-лигаза как основные инструменты генетической инженерии. Использование полимеразной цепной реакции для получения фрагментов ДНК и их сочленения. Молекулярное клонирование. Векторы (плазмиды, фаги, фазмиды, космиды, искусственная дрожжевая хромосома (YAC); вирусы животных; челночные векторы). Конструирование библиотек генов (клонотек) и их анализ.

Экспрессия генов в искусственных генетических конструкциях. Принципы оптимизации транскрипции и трансляции. Химерные белки. Двусторонние системы трансляции (сопряженная трансляция). Выделение рекомбинантных белков. Белковая инженерия.

Генноинженерный синтез функционально активных РНК. Рибозимы - структура, функция, применение в генной терапии.

4. Углеводы и гликоконъюгаты

Моносахариды. Определение и номенклатура. Альдозы и кетозы. Линейные и циклические формы моносахаридов. Стереохимия и конформация моносахаридов. Аномерный центр: его стереохимия, особые свойства гидроксильной группы.

Олигосахариды. Определение и номенклатура. Химический синтез олигосахаридов. Методы изучения строения олигосахаридов: химические, физико-химические, энзиматические. Растительные олигосахариды: сахароза. Олигосахариды животного происхождения: олигосахариды молока.

Полисахариды. Определение и номенклатура. Методы изучения строения полисахаридов: химические, физико-химические, энзиматические. Растительные полисахариды: целлюлоза, крахмал (амилоза, амилопектин). Полисахариды животного происхождения: гликоген, хитин, гликозаминогликаны, гепарин. Биологические функции полисахаридов. Липополисахариды бактерий.

Гликопротеины и протеогликаны: строение углеводных цепей и их биологические функции. Биосинтез N-цепей гликопротеинов. Углеводные цепи гликофорины, IgG, овальбумина, α 1-кислого гликопротеина, муцинов. Макро- и микрогетерогенность. Рекомбинантные гликопротеины.

Гликозидазы и гликозилтрансферазы. Их использование в изучении структур и функции углеводов и гликоконъюгатов. Экзо- и эндогликозидазы.

Лектины клеток животных: рецептор гепатоцитов, селектины, коллектины; функции лектинов.

5. Липиды

Строение и классификация липидов. Физико-химические свойства, роль в живом организме. Методы исследования липидов.

Нейтральные липиды. Углеводороды, воски, триглицериды. Жиры. Функции в организме. Жиры и другие липиды в промышленности.

Холестерин, его особая роль в организме. Липопротеины крови, их функции. Стерины микроорганизмов и растений.

Жирные кислоты. Насыщенные и ненасыщенные кислоты, их биосинтез, биологическая роль; незаменимые жирные кислоты. Простагландины и родственные вещества; каскад полиненасыщенных жирных кислот.

Фосфолипиды. Основные и минорные фосфолипиды, их биосинтез и биологическая роль. Фосфолипазы.

Гликолипиды: гликозилдиглицериды, цереброзиды, ганглиозиды.

Биосинтез, функции в организме. Ганглиозиды как рецепторы. Углеводные цепи гликосфинголипидов.

Липиды - клеточные биорегуляторы и лекарственные вещества. Фактор активации тромбоцитов. Липиды - вторичные передатчики. Липидные соединения с противоопухолевой и др. физиологической активностью.

Методы синтеза липидов. Полный и частичный химический синтез, ферментативные методы. Модифицирование природных липидов с целью получения веществ, несущих метку (радиоактивную, спиновую, флуоресцентную и др.). Синтез липидов не природного строения.

6. Биологические мембраны

Молекулярная организация биологических мембран, модели и основные типы мембран. Методы изучения мембран: спектральные, микроскопические, ферментативные, химические и др. Компоненты мембран, их роль и взаимозависимость.

Мембранные белки - периферические и интегральные. Родопсины, мембранные ферменты - АТФазы, цитохром Р-450. Липид-белковые взаимодействия. Реконструкция активных мембранных систем.

Мембранный транспорт. Пассивный транспорт; диффузия воды, ионов и низкомолекулярных веществ. Ионофоры и каналообразователи. Активный транспорт, транспортные АТФазы.

Особенности мембран различных клеток (кожи, нервных и др) и субклеточных структур (митохондрий, ядер и др.). Мембраны растительных клеток; бактериальная стенка. Межклеточные контакты.

Возбудимые и синаптические мембраны. Медиаторы. Нейротоксины - ингибиторы проведения нервного импульса.

Рецепция. Взаимодействие лиганд-рецептор, передача сигнала в клетку. Аденилатциклазная система, фосфоинозитидный цикл. Холинорецепторы. Рецепторы иммунной системы. Запах и вкус.

Искусственные мембранные системы. Мономолекулярные слои; плоские бислойные мембраны, их получение и методы исследования. Метод "patch clamp".

Липосомы (везикулы) методы их получения и исследования. Включение (встраивание) в липосомы белков. Практическое применение липосом - доставка лекарств, искусственные вакцины и др.

7. Порфирины и хромопротеиды

Химическая структура порфиринов. Изомерия в ряду порфиринов. Восстановленные формы порфиринов: хлорины, порфодиметены, порфометен.

Физико-химические свойства порфиринов, металлопорфиринов.

Спектры порфиринов.

Методы выделения и разделения порфиринов.

Синтез порфиринов: а) из монопирролов, б) из дипиррилметенов, в) из тетрапиррольных соединений через билены b, биладиены ас, оксобиланы а и b.

Отдельные представители порфиринов: этиопорфирин, протопорфирин, мезопорфирин, дейтеропорфирин, гематопорфирин, уропорфирин, копропорфирин. Биосинтез.

Хромопротеиды: гемоглобин, миоглобин, цитохромы а, b, с. Структура, характер связей белка с металлопорфиринами. Биологические функции гемоглобина и цитохромов.

Хлорофилл и хлорофилл-содержащие белки в фотосистемах I и II. Трансформация световой энергии в химическую в фотосинтетическом аппарате. Фотоиндуцированный перенос энергии и электрона.

8. Химические основы иммунологии

Иммунокомпетентные клетки: происхождение, типы, роль в иммунитете. Лимфоциты: популяции и субпопуляции. Вспомогательные клетки. Роль тимуса в обучении Т-лимфоцитов.

Антигены и антигенные детерминанты.

Иммуноглобулины: классификация, структура, функции и свойства различных классов антител. Структурные основы взаимодействия антигенов с антителами. Гены иммуноглобулинов и биосинтез антител. Клональная теория образования антител.

Гибридомы и моноклональные антитела. Генетическая инженерия антител: понятие об одноцепочечных антителах, химерных и замещенных (reshaped) антителах, абзимах.

Главный комплекс гистосовместимости: роль в иммунном ответе, строение. Антигены гистосовместимости I и II классов: строение и функции. Процессирование и представление антигенов CD4+ и CD8+ лимфоцитам.

Антиген-распознающие рецепторные комплексы лимфоцитов: компоненты и их роль, структура, специфичность, гены.

Вспомогательные молекулы: CD4, CD8, ICAM-1, LFA-1 - роль в активации лимфоцитов и структура.

Цитокины: регуляторы природного иммунитета (Ifn-a, TNF-a, IL1, IL6, IL8), регуляторы активации, роста и дифференцировки лимфоцитов (IL2, IL4, TGF-b), регуляторы воспалительных реакций (Ifn-g IL5, IL12), кроветворные факторы (IL3, GM-CSF, IL7). Рецепторы цитокинов.

Система комплемента: компоненты, механизмы активации и лизиса клеток.

9. Низкомолекулярные биорегуляторы

Алкалоиды.

Группа алкалоидов опиоидов. Понятие об опиоидных рецепторах и их эндогенных лигандах. Морфин, кодеин, папаверин. Героин, аналоги морфина (соединение Бентли), налорфин. Рецепторы морфиновых алкалоидов и их природные лиганды: эндорфины, энкефалины и др. Синтетические анальгетики.

Тропановые алкалоиды группы кокаина и атропина. м-Холиноблокаторы. Обезболивающие и снотворные лекарственные препараты. Наркотики и галлюциногены. Психотропные средства фенотиазиновой группы. Транквилизаторы бензодиазепинового ряда и природные лиганды их рецепторов.

б-Карболиновые алкалоиды.

Группы никотина и тубокурарина. Синтетические миорелаксанты.

Группа эфедрина. Адренергические синапсы и природные адреномиметики. Дофамин, адреналин, норадреналин, синтетические адреноблокаторы, лечение ишемической болезни.

Хинные алкалоиды, строение и стереохимия. Проблема лечения малярии. Синтетические противомаларийные средства. Артемизинин и другие препараты группы гингхаосу.

Хинидин и алкалоиды группы Раувольфии (резерпин и аймалин). Природные и синтетические средства против аритмии.

Индольные алкалоиды других типов: стрихнин и бруцин, физостигмин и другие м-холиномиметики. Пилокарпин и его синтез. Противоопухолевые алкалоиды из барвинка розового - винбластин и винкристин.

Алкалоиды пуринового ряда. Другие стимуляторы сердечной активности. Алкалоиды из безвременника осеннего - колхицин и колхамин - и их использование в селекции растений.

Антибиотики

Пенициллины, цефалоспорины и родственные антибиотики: клавулановая и оливановая кислоты, тиенамицин и аспареномицины, монобактамы. Особенности их строения и связь между структурой и активностью в этом ряду соединений. Представление о механизме биосинтеза бактериальной клеточной стенки и механизме действия пенициллинов. Представление о механизмах резистентности бактерий к пенициллинам.

Тетрациклины - структура и механизм антимикробного действия. Основные этапы полного синтеза тетрациклина. Механизм биосинтеза тетрациклиновых антибиотиков и их влияние на биосинтез белка.

Антибиотики как инструменты изучения биосинтеза белка: основные этапы этого биосинтеза и связанные с ними антибиотики. Стрептомицин и другие аминогликозидные антибиотики. Пуромицин и механизм "пуромициновой реакции". Эритромицин и другие макролидные антибиотики.

Хлорамфеникол и его аналоги. Полный синтез хлорамфеникола.

Представление о биосинтезе нуклеиновых кислот и влияющих на него антибиотиках. Актиномицин D, антрациклины, оливо- и хромомицины и ансамacroлиды. Их интеркаляция при ДНК-зависимом биосинтезе РНК. Блеомицины, стрептонигрин и митомицины - цитотоксические реагенты, вызывающие разрывы и сшивки в цепях ДНК. Нуклеозидные антибиотики и синтетические производные нуклеозидов - ингибиторы вируса герпеса и ВИЧ.

Антибиотики - инструменты изучения ионного транспорта через мембраны. Образование ионных каналов в мембранах (грамицидины, циклодепептиды, макротетролиды). Полиеновые макролиды, основные черты строения и образование пор в липидных бислоях с участием стероидов. Другие противогрибные антибиотики.

Витамины

История открытия витаминов и их роль в функционировании организмов человека и животных. Водорастворимые и жирорастворимые витамины. Витамины и коферменты.

Витамин А. Строение, биологическая роль и изомеризация в процессе функционирования. Каротиноиды как источники. Ретиноевая кислота и ее биологическая роль.

Витамин В1, тиаминмонофосфат и кокарбоксилаза; их роль в декарбоксилировании α-кетокислот, и лечение болезни бери-бери.

Витамин В2 (рибофлавин) и флавиновые коферменты, участие в системах оксидаз и дегидрогеназ.

Витамин В3 (пантотеновая кислота), кофермент А и его биосинтетическая роль. Витамин В5 (ниацин) и ниацинамид, его коферменты (NAD и NADP) и их роль в составе оксидоредуктаз; биосинтез ниацина.

Витамин В6 (адермин), его формы - пиридоксин, пиридоксаль и пиридоксамин, и коферменты - пиридоксаль-5'-фосфат и пиридоксамин-5'-фосфат; участие в процессах биосинтеза аминокислот и липидов.

Витамин В9 (фолиевая кислота), его конъюгаты с глутаминовой кислотой и тетрагидрофолиевая кислота. Их роль в переносе однокислородных радикалов. Лечение анемий и лучевой болезни. Антагонисты фолиевой кислоты (аминоптерин и метотрексат) для лечения лейкозов и лейкоемий. Компонент фолиевой кислоты - п-аминобензойная кислота как витамин для микробов. История открытия и применение сульфамидных препаратов как первых химиотерапевтических средств для борьбы с инфекционными заболеваниями.

Витамин В12 (оксикобаламин) и его кофермент - кобамамид, их биологическая роль и применение для борьбы с заболеваниями кроветворной системы. Близость планарных систем коррина и порфина.

Витамин С (аскорбиновая кислота): строение, реакционная способность, таутомерия и биологическая роль. Методы промышленного получения.

Витамины D и их провитамины. Механизм биосинтеза. Действующие гидроксилированные формы. Биологическая роль.

Витамины Е (токоферолы) и последствия Е-авитаминоза. Витамин Н (биотин) и "активный карбоксил". Витамины К и нормализация свертывания крови.

Витамины Q (убихиноны) в регуляции транспорта электронов и окислительного фосфорилирования.

Терпены и терпеноиды.

Номенклатура и классификация. Представление об основных путях биосинтеза природных соединений. Поликетидный путь и биосинтез мевалонолактона. Изопентенилпирофосфат и биосинтез терпенов.

Монотерпены (камфора, ментол, гераниол и др.) и их использование в медицине и парфюмерной промышленности.

Сесквитерпены и сесквитерпеновые лактоны. Отдельные представители с выраженной антигельминтной, противоязвенной, противовоспалительной, антипротозойной и противоопухолевой активностью (сантонин, артемизинин, вернолепин и др.) и их применение в медицине.

Дитерпены, наиболее характерные представители: фитол, абиетиновая кислота, азодирахтин, дитерпеновые алкалоиды (аконитин, атизин, лаптаконитин). Сквален и тритерпеновые сапонины, глицирризиновая кислота. Тетратерпены и провитамины А. Политерпены.

Стероиды.

Стероиды как тетрациклические тритерпены. Биосинтез из сквалена. Холестерин и растительные стероиды: структура и биологическая функция. Сложные эфиры холестерина, липопротеины высокой и низкой плотности, клиническая роль при атеросклерозе, отложении желчных камней. Полный синтез холестерина.

Полигидроксированные стероиды - зоо- и фитостероиды, гормоны линьки насекомых и их природные аналоги (экдизоны).

Желчные кислоты. Биосинтез в печени и биологическая роль. Использование в биохимии и биоорганической химии.

Прогестерон: биосинтез и биологическая роль при овариально-менструальном цикле. Синтетические аналоги и контрацептивы.

Половые гормоны: эстрогены и андрогены. Биосинтез и биологическая роль. Особенности структуры и биологической активности эстрогенов (эстрон, эстриол и эстрадиол), связь с активностью фолиевой кислоты и прогестерона. Полный синтез эстрогена по Торгову. Синтетические андрогенные препараты, анаболики.

Гормоны коры надпочечников: глюкокортикоиды и минералокортикоиды. Биосинтез основных представителей и биологическое значение. Синтетические аналоги и ингибиторы.

Сердечные гликозиды, стероидные сапонины и алкалоиды. Структура основных представителей и биологическое значение.

Особенности рецепции стероидных гормонов.

Нейрохимия.

Нейромедиаторы и гормоны производные аминокислот и пептидов. Строение и функциональная роль. Представление о передаче нервного импульса. Вторичные мессенджеры.

Феромоны и гормоны насекомых, инсектициды

Феромоны и половые аттрактанты насекомых. Исторический очерк. Биологическая роль и применение. Примеры феромонов чешуекрылых. Некоторые пути синтеза. Бомбикол. Ювенильные гормоны насекомых и их роль в онтогенезе.

Представление о пестицидах. Исторический очерк. Инсектициды. ДДТ, гексахлоран, линдан и гептахлор. Фосфорорганические инсектициды. Карбаматы. Пиретроиды.

Фитогормоны и другие регуляторы развития растений, фунгициды

Основные фитогормоны: Индолилуксусная кислота и ее природные аналоги, гиббереллины, цитокинины, абсцизовая кислота, этилен, брассины и олигосахарины. Особенности их строения и сбалансированного действия на физиологию растений. Другие природные регуляторы развития растений, фитоалексины.

Гербициды регуляторного типа, воздействующие на гормональные функции индолилуксусной кислоты. 2,4,5-Т и проблема суперэкоотоксикантов ряда диоксина. Гербициды, подавляющие биосинтез гиббереллинов и воздействующие на уровень этилена. Гербициды цитокининоподобного действия и ингибиторы биосинтеза каротиноидов и хлорофилла. Гербициды - ингибиторы фотосинтеза.

Фунгициды. Препараты контактного и системного действия. Производные дитиокарбаминовой кислоты, триадименол, тилт, имазалил, ридомил. Стратегия применения.

Токсины.

Токсины земноводных и рыб. Токсины высших растений и насекомых. Микотоксины. Токсины сине-зеленых водорослей. Использование токсинов в биоорганической химии и нейрофизиологии.

10. Физико-химические методы выделения и исследования биополимеров и биорегуляторов

Основные методические приёмы, используемые в процессе выделения биомолекул. Способы разрушения тканей и клеток, высаливание, диализ, ультрафильтрация, лиофилизация. Свойства биомолекул, определяющие методы их разделения. Седиментационные методы. Основные понятия теории центрифугирования. Выбор метода и способа центрифугирования для решения конкретной экспериментальной задачи. Экстракция как метод выделения. Коэффициент распределения. Экстракция органическими растворителями и детергентами.

Электрофоретические методы. Свойства биомолекул, определяющие их разделение методами электрофореза. Электрофорез в гелях. Электрофорез в присутствии ДДС-На. Изоэлектрическое фокусирование. Двумерный электрофорез. Высоковольтный электрофорез.

Теоретические основы хроматографии. Пути оптимизации хроматографического процесса. Особенности высокоэффективной жидкостной хроматографии. Основные хроматографические методы и области их применения. Адсорбционная хроматография. Распределительная хроматография. Обратнофазная хроматография. Ионообменная хроматография. Хроматофокусирование. Гель-проникающая хроматография. Биоспецифичная хроматография.

Использование методов электрофореза и хроматографии для анализа чистоты полученных препаратов, изучения физико-химических характеристик биомолекул.

Масс-спектрометрия. Принципиальная блок-схема массспектрометра, его назначение и основные характеристики. Способы введения исследуемого образца в масс-спектрометр. Методы ионизации, применяемые в массспектрометрии: электронный удар, электронный захват, фотоионизация, ионизация полем, химическая ионизация. Методы ионизации в конденсируемой фазе: полевая десорбция, лазерная десорбция, электрораспыление, ионизация продуктами деления ^{235}Cf , вторичная ионная эмиссия, бомбардировка быстрыми атомами. Магнитные, времяпролетные, квадрупольные масс-спектрометры. Ионные ловушки и ион-циклотронный резонанс. Двойная фокусировка. Тандемные масс-спектрометры. Детекция ионов. Обработка и способы представления результатов измерений. Применение масс-спектрометрии в исследовании аминокислот, пептидов и белков, липидов, углеводов, терпеноидов, стероидов и других низкомолекулярных природных соединений.

Оптическая спектроскопия. Характерные области поглощения белковых хромофоров. Молярный коэффициент поглощения. Типы электронных переходов, встречающиеся в природных соединениях. Природа ДОВ и КД принципиальная схема дихрографа. Молярная эллиптичность. Понятие хиральности. Применение спектроскопии КД для исследования структуры полипептидов и белков. Люминисценция: флуоресценция и фосфоресценция. Квантовый выход и метод его определения. Флуоресценция ароматических аминокислот. Анизотропия флуоресценции. Уравнение Перрена, его применение в исследовании микровязкости мембран с помощью флуоресцентных зондов. Тушение флуоресценции. Уравнение Штерна-Фольмера, его применение в исследовании белков и биомембран. Фурье ИК спектроскопия и КР спектро-

скопия (физические основы методов). Основные амидные колебания. Анализ структуры пептидов и белков по ИК и КР спектрам в области основных амидных колебаний.

Рентгеноструктурный анализ биополимеров. Физические основы метода рентгеноструктурного анализа. Природа, свойства, получение рентгеновских лучей. Кристаллическая решетка. Дифракция рентгеновских лучей на кристаллической решетке. Условия Вульфа-Брегга и Лауэ. Методы решения фазовой проблемы в рентгеновской кристаллографии. Преобразование Фурье. Методы измерения интенсивности дифракционных отражений.

Электронная микроскопия. Основные методы визуализации биологических объектов в электронной микроскопии. Интерпретация изображений. Изучение пространственной структуры белков методами электронной микроскопии двумерных кристаллов. Методы обработки электронно-микроскопических изображений неперiodических объектов. Электронная микроскопия нуклеиновых кислот.

Спектроскопия ЭПР. Способы введения стабильных иминоксильных радикалов (спиновых меток) в биомолекулы. Исследование пространственной структуры и динамики биомолекул методом спиновых меток. Исследование межмолекулярных взаимодействий методом спиновых меток.

Спектроскопия ЯМР. Основные параметры спектров ЯМР и их связь с химической и пространственной структурой биомолекул. Двумерная спектроскопия ЯМР, основные двумерные эксперименты COSY, TOCSY, NOESY. Схема отнесения сигналов в двумерных спектрах ^1H -ЯМР полипептидов. Расчет пространственной структуры полипептидов. Проявление динамических процессов в спектрах ЯМР. Химический (конформационный) обмен и его регистрация в спектрах ЯМР. Релаксация ядерной намагниченности. Времена релаксации, функция спектральной плотности.

Компьютерное моделирование молекулярной механики биомолекул. Природа сил, стабилизирующих пространственную структуру биополимера (гидрофобные взаимодействия, дисперсионные, диполь-дипольные, заряд-дипольные, электростатические взаимодействия, солевые мостики, водородные связи). Понятие об эмпирических функциях энергии (силового поля). Потенциал 6-12 Леннарда-Джонса. Минимизация конформационной энергии белка. Понятие о методе расчета пространственной структуры белка "ab initio", ограничения метода. Методы получения пространственной структуры на основе гомологии. Понятие о методах оценки "качества" пространственной структуры биомолекул.

Компьютерное моделирование молекулярной динамики биомолекул. Роль внутренних движений биомолекул. Примеры, показывающие различные проявления динамики биомолекул для их функционирования и для стабилизации пространственной структуры. Формы функций потенциальной энергии используемой для молекулярной динамики (МД). Уравнение движения. Понятие об алгоритмах численного решения уравнений движения. Граничные условия при расчетах с явным учетом растворителя. Броуновская динамика. Амплитуды флуктуаций атомов в МД. Влияние учета растворителя на МД. Негармоничность внутримолекулярных движений. Коллективные движения.

Оценочные средства, необходимые для оценки результатов обучения

Кандидатский экзамен проводится по билетам, каждый из которых включает теоретические вопросы и практическое контрольное задание (ПКЗ). Для подготовки ответа аспирант (соискатель ученой степени) использует экзаменационные листы, которые сохраняются после приема экзамена в течение года. На каждого соискателя ученой степени заполняется протокол приема кандидатского экзамена, в который вносятся вопросы билетов и вопросы, заданные соискателю членами комиссии. Уровень знаний соискателя ученой степени оце-

нивается на «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно». Протокол приема кандидатского экзамена подписывается членами комиссии с указанием их ученой степени, ученого звания, занимаемой должности и специальности согласно номенклатуре специальностей научных работников. В ходе экзамена, проводимого в форме индивидуального собеседования, оценивается степень сформированности «знаниевой» компоненты компетенции УК-2 (именно - знание методов научно-исследовательской деятельности) и ПК-9 (знание современного состояния науки в области биорганической химии). Частично сформированность умения выбирать и применять в профессиональной деятельности экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследования (ОПК-1) проверяется в ходе научной сессии, на которой аспиранты устными сообщениями по различным биохимическим тематикам, оценка выступления на научной сессии учитывается как одна из составляющих общей оценки экзамена кандидатского минимума.

Рабочая программа дисциплины

1. Код и наименование дисциплины **Стабилизация и разрушение дисперсных систем**

2. Уровень высшего образования – подготовка научно-педагогических кадров в аспирантуре.

3. Направление подготовки 04.06.01 Химические науки. Направленность программы **Коллоидная химия**

4. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП

Вариативная часть ООП, обязательная дисциплина, которую учащийся должен освоить для сдачи экзамена кандидатского минимума (4 семестр 2 год обучения).

5. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

Формируемые компетенции (код компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)
УК-2	З1 (УК-2) Знать методы научно-исследовательской деятельности
ОПК-2	У1 (ОПК-1) Уметь выбирать и применять в профессиональной деятельности экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследования
ПК-10	З1 (ПК-10) Знать современное состояние науки в области коллоидной химии

6. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся:

Объем дисциплины (модуля) составляет 3 зачетных единиц, всего 108 часов, из которых 90 часов составляет контактная работа аспиранта с преподавателем (72 часа - занятия лекционного типа, 6 часов групповые консультации, 6 часов мероприятия текущего контроля успеваемости, 6 мероприятия промежуточной аттестации), 18 часов составляет самостоятельная работа аспиранта.

7. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия.

В специалитете или магистратуре должны быть освоены общие курсы «Физическая химия», «Коллоидная химия», «Физика» и «Строение молекул».

8. Образовательные технологии.

Используются следующие технологии: лекции-демонстрации и интерактивные лекции. Преподавание дисциплин проводится в форме авторских курсов по программам, которые составлены на основе результатов исследований, полученных научными школами МГУ.

9. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических или астрономических часов и виды учебных занятий

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе								
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них						Самостоятельная работа обучающегося, часы из них		
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Групповые консультации	Индивидуальные консультации	Учебные занятия, направленные на проведение текущего контроля успеваемости коллоквиумы, практические контрольные занятия и др)*	Всего	Выполнение домашних заданий	Подготовка рефератов и т.п..	Всего
Раздел 1. Термодинамика поверхностных явлений	40	18	-	2	-	2	22	-	-	-
Тема 2. Адсорбция из растворов и электроповерхностные свойства дисперсных систем	22	18	-	2	-	2	22	-	-	-

Тема 3. Агрегативная устойчивость и коагуляция дисперсных систем	22	36	-	2	-	2	40	-	-	-
Промежуточная аттестация экзамен кандидатского минимума	24		6					18		
Итого	108	72		6		6	90			18

10. Ресурсное обеспечение:

- Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная литература

1. Гиббс Дж. Термодинамика. Статистическая физика. –М.: Наука. 1982.
2. Адамсон А. Физическая химия поверхностей: Пер. с англ.-М.: Мир, 1979.
3. Дерягин Б.В., Чураев Н.В., Муллер В.М. Поверхностные силы. М.: Наука, 1987.
4. Русанов А.И. Фазовые равновесия и поверхностные явления.-М.: Химия, 1967.
5. Ребиндер П.А. Поверхностные явления в дисперсных системах. Коллоидная химия. М.: Наука, 1978; Физико-химическая механика. М.: Наука, 1979.
6. Урьев Н.Б., Потанин А.А. Текучесть суспензий и порошков.-М.: Химия, 1992.
7. Матвеев В.Н., Кирсанов Е.А. Поверхностные явления в жидких кристаллах.- М.: МГУ, 1991.
8. Измайлова В.Н., Ямпольская Г.П., Сумм Б.Д. Поверхностные явления в белковых системах. –М.: Химия. 1988.
9. Абрамзон А.А. Поверхностно-активные вещества. Л.: Химия, 1981.

Вспомогательная литература

1. Фролов Ю.Г. Курс коллоидной химии. М.: Химия, 1989.
2. Щукин Е.Д., Перцов А.В., Амелина Е.А. Коллоидная химия. М.: Высшая школа, 1992.
3. Фридрихсберг Д.А. Курс коллоидной химии. СПб.: Химия, 1995.

4. Воюцкий С.С. Курс коллоидной химии. –М.: Химия. 1975.
5. Шелудко А. Коллоидная химия. –М.: Мир. 1984.
6. Р.Эткинс. Физическая химия т.1,2.

Интернет-ресурсы

1. <http://www.nkj.ru/archive/articles/18309/>

Раздел 2:

Основная литература

1. Адсорбция из растворов на поверхностях твердых тел: Пер. с англ. / Под ред. Г. Парфита, К. Рочестера.- М.: Мир, 1986.
2. Мицеллообразование, солюбилизация и микроэмульсии / Под ред. К. Миттела.-М.: Мир, 1980.
3. Вилков Л.В., Пентин Ю.А. Физические методы исследования в химии. Резонансные и электрооптические методы. М.: Высш. шк. 1989.
4. Холмберг К., Йёнссон Б., Кронберг Б., Линдман Б. Поверхностно-активные вещества и полимеры в водных растворах. М.: Бином. 2007.
5. Rosen M.J. Surfactants and Interfacial Phenomena. Hoboken, New Jersey, John Wiley & Sons, Inc. 2004.
6. Грег С., Синг К. Адсорбция, удельная поверхность, пористость. Пер. с англ. 2-е изд. – М.: Мир, 1984. – 306 с
7. Израелашвили Д. Межмолекулярные и поверхностные силы. Пер. с англ. / Под ред. И.В. Яминского. – М.: Научный мир, 2011. – 456 с.
8. Коллоидно-химические основы нанонауки. / Под ред. А.П. Шпака и З.Р. Ульберг. – К.: «Академперіодика», 2005. – 466 с.
9. Малкин А.Я., Исаев А.И. Реология: концепции, методы, приложения. Пер. с англ. – Спб.: Профессия, 2007. – 560 с.
10. Ролдугин В.И. Физикохимия поверхности. – 2-е изд., испр. - Долгопрудный: Издательский Дом «Интеллект», 2011. – 568 с.
11. Роулинсон Дж., Уидом Б. Молекулярная теория капиллярности. Пер. с англ. / Под ред. А.И. Русанова. – М.: Мир, 1986. – 376 с.
12. Русанов А.И., Прохоров В.А. Межфазная тензиометрия. – СПб.: Химия, 1994. – 397 с.
13. Урьев Н. Б. Высококонцентрированные дисперсные системы. - М.: Химия, 1980. - 319 с.
14. Урьев Н.Б. Физико-химическая динамика дисперсных систем и материалов. – Долгопрудный: Издательский Дом «Интеллект», 2013.- 232 с.

Дополнительная литература

1. Поверхностно-активные вещества. Под ред. А.А.Абрамзона и Г.М.Гаевого. Ленинград. Химия. 1979.
2. Encyclopedia of Surface and Colloid Science. Ed. P.Somasundaran. New York – London. Taylor & Francis. 2006.

3. Holmberg K., Shah D.O., Schwuger M.J. Handbook of applied surface and colloid chemistry V.1. West Sussex, England, John Willey & Sons, 2002.

Вспомогательная литература

1. Адамсон А. Физическая химия поверхностей: Пер. с англ.-М.: Мир, 1979.
2. Encyclopedia of Surface and Colloid Science. Ed. P.Somasundaran. New York – London. Taylor & Francis. 2006.

Раздел 3:

Основная литература

1. Дерягин Б.В. Теория устойчивости коллоидов и тонких пленок.- М.: Наука, 1986.
2. Дерягин Б.В., Чураев Н.В., Муллер В.М. Поверхностные силы.- М.: Наука, 1985 .
3. Неппер Д. Стабилизация коллоидных дисперсий полимерами.- М.: Мир, 1986 .
4. Израелашвили Д. «Межмолекулярные и поверхностные силы», Перевод с англ. — И.М. Охапкин, К.Б. Зельдович, науч. ред. — И.В. Яминский. Год издания: 2011, 456 стр.
5. Матвеев В.Н., Волков В.А. Устойчивость и коагуляция. Рукописное пособие. Баку, 2014г., 56 стр.
6. Дерягин Б.В., Чураев Н.В., Муллер В.М. Поверхностные силы. – М.: Наука, 1987. – 398 с.
7. Фриберг С.Е., Боторель П. Микроэмульсии. Структура и динамика. / Под ред. С.Е. Фриберг и П. Боторель. Пер. с англ.– М.: Мир, 1990. - 320 с.
8. Холмберг К., Йенссон Б., Кронберг Б., Линдман Б. Поверхностно-активные вещества и полимеры в водных растворах. Пер. с англ. / Под ред. Б.Д. Сумма. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007. – 528 с.
9. Lyklema J. Fundamentals of Interface and Colloid Science. – V. 1-5. London – Amst.: Academic press - Elsevier, 1991-2005.

Вспомогательная литература

1. Rosen M.J. Surfactants and Interfacial Phenomena. Hoboken, New Jersey, John Wiley & Sons, Inc. 2004.
2. Русанов А.И. Мицеллообразование в растворах поверхностно-активных веществ. Санкт-Петербург. Химия. 1992.
3. Практикум по коллоидной химии. Под ред. В.Г.Куличихина. – М.: Вузовский учебник: ИНФРА-М, 2012.

- Описание материально-технической базы.

Лекционные занятия проводятся в специально оборудованных аудиториях.

Вспомогательный материал в виде презентаций доступен аспирантам на сайте <http://chem.msu.ru/>

11. Язык преподавания - русский

12. Преподаватель (преподаватели).

Профессор Матвеевко Владимир Николаевич, тел: 8(495)9391318

E-mail: matveenko@colloid.chem.msu.ru

Фонды оценочных средств, необходимые для оценки результатов обучения

1. Планируемые результаты обучения для формирования компетенций п.5 и соответствующие им критерии оценивания приведены в Приложении 8.

2. Примеры ПКЗ.

Задание 1.

Рассчитайте осмотическое давление 30%-ного гидрозоля SiO_2 при 293.2 К, если удельная поверхность частиц $S_{\text{уд}} = 2.7 \cdot 10^5 \text{ м}^2/\text{кг}$. Плотность частиц гидрозоля $\rho = 2.2 \text{ г/см}^3$, плотность среды $\rho_0 = 1.0 \text{ г/см}^3$

Задание 2.

Для получения качественного материала из полистирольного латекса проведите необходимые вычисления и предложите различные подходы для его создания: смещение цветной границы золя при электрофорезе составляет $a = 2.5 \cdot 10^{-2} \text{ м}$ за время $\tau = 60 \text{ мин}$. Напряжение, приложенное к концам электродов $E = 115 \text{ В}$. Расстояние между электродами $l = 0.55 \text{ м}$. Диэлектрическая проницаемость среды равна 81.

Вязкость среды $\eta = 1 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$. Электрическая постоянная $\epsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$.

Задание 3.

Предложите термодинамическую модель очистки воды и получения пресной воды из минерализованной (морской). Укажите

- 1) какие стадии этого процесса являются слабым местом термодинамической модели,
- 2) какие справочные данные необходимы для расчетов и как они могут быть получены,
- 3) какие материалы и оборудование необходимо для решения поставленной задачи.

3. ПРОГРАММА-МИНИМУМ кандидатского экзамена по специальности 02.00.11 «Коллоидная химия.»

Введение

В основу настоящей программы положены следующие основные разделы: термодинамика поверхностных явлений, адсорбция газов и паров на поверхности твердых тел, адсорбция из водных растворов, электроповерхностные свойства дисперсных систем, молекулярно-кинетические свойства дисперсных систем, оптические свойства и методы исследования дисперсных систем; получение, агрегативная устойчивость и коагуляция дисперсных систем, поверхностно-активные вещества, растворы высокомолекулярных соединений, физико-химическая механика дисперсных систем, явления переноса в пористых телах и мембранные методы разделения смесей, коллоидная химия и охрана окружающей среды.

Программа разработана экспертным советом Высшей аттестационной комиссии по химии (по неорганической химии) при участии Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, Российского химико-технологического университета им. Д.И. Менделеева и Академии тонкой химической технологии (МИТХТ) им. М.В. Ломоносова.

1. Определение, основные понятия коллоидной химии

Коллоидная химия - наука о дисперсных системах и поверхностных явлениях в них. Предмет коллоидной химии. Фундаментальные особенности ультрадисперсного (коллоидного) состояния вещества. Место коллоидной химии в общей системе наук.

Признаки объектов коллоидной химии: гетерогенность и дисперсность. Количественные характеристики дисперсности: удельная поверхность, кривизна поверхности, дисперсность. Поверхностная энергия, адсорбция, смачивание, капиллярность, адгезия, когезия, электрокинетические явления, возникновение новых фаз, устойчивость, коагуляция, структурообразование. Классификация дисперсных систем по размеру частиц, по агрегатному состоянию и по взаимодействию дисперсной фазы и дисперсионной среды, классификация свободно- и связно- дисперсных систем. Лиофобные и лиофильные системы.

Роль поверхностных явлений и дисперсных систем в природе и химической технологии. Значение коллоидной химии в развитии биологических, геологических наук, почвоведения, медицины. Коллоидная химия и защита окружающей среды.

2. Термодинамика поверхностных явлений

Основы термодинамики поверхностного слоя. Основные отличия свойств поверхностного слоя от свойств объемных фаз. Способы описания термодинамики поверхностных явлений. Метод избыточных величин Гиббса. Разделяющая поверхность и поверхность разрыва. Поверхностная энергия в обобщенном уравнении I и II начал термодинамики. Природа взаимодействующих фаз и поверхностное натяжение. Поверхностное натяжение - мера энергии Гиббса межфазной поверхности. Уравнение Гиббса-Гельмгольца для внутренней (полной) энергии поверхностного слоя. Теплота образования единицы поверхности. Зависимость энергетических параметров поверхностного слоя от температуры.

Поверхностное натяжение и адсорбция. Определение адсорбции. Уравнение состояния при адсорбции. Изотерма, изопикна, изобара, изостера адсорбции. Фундаментальное адсорбционное уравнение Гиббса (связь поверхностного натяжения с химическим по-

тенциалом). Гиббсовская (избыточная) адсорбция. Частное выражение уравнения Гиббса. Поверхностная активность веществ. Поверхностно-активные, поверхностно-инактивные вещества на разных межфазных границах.

Адгезия, смачивание и растекание жидкостей. Адгезия и когезия. Природа сил взаимодействия при адгезии. Адгезионное соединение и его характеристики. Характер и условия разрушения адгезионного соединения. Смачивание и краевой угол. Закон Юнга. Связь работы адгезии с краевым углом (уравнение Дюпре-Юнга). Лиофильные и лиофобные поверхности. Измерение краевого угла. Факторы, влияющие на установление равновесия при смачивании. Гистерезис краевого угла смачивания. Влияние ПАВ, температуры и шероховатости поверхности на смачивание. Условия растекания жидкостей. Коэффициент растекания по Гаркинсу. Межфазное натяжение на границе между взаимно-насыщенными жидкостями и правило Антонова. Избирательное смачивание. Практическое значение адгезии и смачивания. Флотация.

Дисперсность и термодинамические свойства тел. Дисперсность как термодинамический параметр. Капиллярные явления в жидкостях (уравнение Лапласа). Капиллярный метод определения поверхностного натяжения (формула Жюрена). Уравнение Кельвина; изотермическая перегонка вещества. Роль капиллярных явлений в природе и технологии. Поверхностная энергия и равновесные формы тел. Принцип Гиббса-Кюри. Закон Вульфа. Зависимость термодинамической реакционной способности от дисперсности. Влияние дисперсности на растворимость, константу равновесия химической реакции, температуру фазового перехода. Нанодисперсные системы.

3. Адсорбция из растворов

Обменная молекулярная адсорбция. Уравнение Гиббса для обменной молекулярной адсорбции. Изотерма гиббсовской адсорбции. Уравнение изотермы молекулярной адсорбции с константой обмена и ее анализ. Изотермы избирательной адсорбции, адсорбционная азеотропия.

Ионообменная адсорбция. Классификация ионитов и методы их получения. Основные физико-химические характеристики ионитов. Полная и динамическая обменные емкости, набухаемость и селективность. Константа равновесия ионного обмена, формула Никольского. Уравнение изотермы ионного обмена. Практическое использование ионитов.

Адсорбция ПАВ на границе раствора с газом. Уравнение Гиббса. Влияние строения молекул ПАВ на поверхностную активность. Зависимость поверхностного натяжения от состава раствора при соблюдении закона Генри и уравнения Ленгмюра. Отличия адсорбции на поверхности жидкостей и твердых тел.

Поверхностные пленки нерастворимых веществ. Типы поверхностных пленок и определение их характеристик. Уравнения состояния газообразных поверхностных (адсорбционных) пленок. Факторы, определяющие агрегатное состояние адсорбционных пленок. Определение строения адсорбционного слоя и размеров молекул ПАВ. Весы Ленгмюра. Химические реакции в поверхностных пленках. Пленки высокомолекулярных и белковых веществ. Методы получения пленок Ленгмюра-Блоджетт (ЛБ-пленки). Применение ЛБ-пленок в биологии и технике.

4. Электроповерхностные свойства дисперсных систем

Образование двойного электрического слоя (ДЭС). Соотношения между электрическим потенциалом и поверхностным натяжением (уравнение Липпмана). Электрокапиллярные кривые и определение параметров ДЭС по этим кривым.

Общие представления о теориях строения ДЭС. Уравнение Пуассона-Больцмана для диффузной части ДЭС и его решение. Уравнение Гуи-Чепмена. Толщина диффузного слоя и влияние на нее различных факторов. Емкость ДЭС. Двойной электрический слой по теории Штерна, перезарядка поверхности. Примеры образования ДЭС. Строение мицеллы гидрофобного золя.

Электрокинетические явления. Электрокинетический потенциал и влияние на него различных факторов. Уравнение Гельмгольца-Смолуховского для электроосмоса и электрофореза. Эффекты, не учитываемые этим уравнением (поверхностная проводимость, электрофоретическое торможение, релаксационный эффект). Практическое использование электрокинетических явлений.

5. Молекулярно-кинетические свойства дисперсных систем

Броуновское движение и его молекулярно-кинетическая природа. Связь между сдвигом частиц и коэффициентом диффузии (закон Эйнштейна-Смолуховского). Экспериментальная проверка закона Эйнштейна-Смолуховского. Следствия из теории броуновского движения. Осмотическое давление ультрамикроретерогенных систем.

Связь размеров частиц со скоростью их осаждения. Закон Стокса. Седиментационный анализ полидисперсных систем. Кривая седиментации. Кривые распределения частиц по радиусам. Седиментация в центробежном поле. Равновесное ультрацентрифугирование как абсолютный метод определения массы частиц.

Седиментационно-диффузионное равновесие, гипсометрический закон.

6. Оптические свойства и методы исследования дисперсных систем

Явления, наблюдающиеся при распространении света в дисперсных системах. Физическая сущность рассеяния света. Условия и виды рэлеевского рассеяния. Рассеяние малыми частицами поляризованного и неполяризованного света. Уравнение Рэлея и его анализ. Форма индикатриссы рассеяния. Рассеяние поляризованного и неполяризованного света большими частицами. Причины угловой асимметрии рассеяния. Определение молекулярных масс высокомолекулярных соединений. Турбидиметрия и нефелометрия. Определение размеров частиц, не подчиняющихся уравнению Рэлея (уравнение Геллера). Уравнение Дебая для определения молекулярных и мицеллярных масс. Квазиупругое (динамическое) светорассеяние, фотон-корреляционная спектроскопия.

Темнопольная микроскопия. Щелевой ультрамикроскоп. Конденсор темного поля. Световая микроскопия в проходящем свете. Электронная микроскопия и ее виды. Туннельная (полевая) микроскопия.

7. Получение, агрегативная устойчивость и коагуляция дисперсных систем

Общие вопросы устойчивости дисперсных систем. Седиментационная и агрегативная устойчивости систем. Лиофильные и лиофобные системы: самопроизвольное образование одних и необходимость стабилизации других. Критерий лиофильности систем по Ре-

биндеру-Щукину. Растворы коллоидных ПАВ и ВМС как лиофильные системы. Процессы в дисперсных системах, обусловленные агрегативной неустойчивостью: изотермическая перегонка, коалесценция, коагуляция.

Получение лиофобных дисперсных систем. Методы диспергирования. Уравнение Ребиндера для работы диспергирования. Физико-химическое диспергирование осадков (пептизация).

Гомогенная и гетерогенная конденсация. Метастабильное состояние. Энергия образования зародыша новой фазы, критический радиус зародыша. Две стадии образования новой фазы (теория Гиббса-Фольмера) - нуклеация (зародышеобразование) и рост частиц. Связь кинетики образования новой фазы с пересыщением. Управление дисперсностью при гомогенной конденсации. Примеры получения дисперсных систем методами физической и химической конденсации.

Кинетика коагуляции лиофобных систем. Быстрая и медленная коагуляция. Кинетика коагуляции по Смолуховскому. Уравнение скорости коагуляции, константа скорости и время половинной коагуляции. Зависимость числа частиц разного порядка от времени.

Агрегативная устойчивость лиофобных систем. Факторы устойчивости лиофобных систем. Основные положения теории ДЛФО. Расклинивающее давление и его составляющие: молекулярная, электростатическая, структурная. Уравнение для расклинивающего давления и энергии электростатического отталкивания при взаимодействии слабозаряженных поверхностей. Уравнение для энергии притяжения между частицами. Общее уравнение для энергии взаимодействия дисперсных частиц. Потенциальные кривые взаимодействия частиц в ионостабилизированных дисперсных системах. Потенциальный барьер и его зависимость от толщины диффузного слоя. Коагуляция в первичном и вторичном минимумах.

Электролитная коагуляция; нейтрализационная и концентрационная коагуляции. Порог коагуляции. Пептизация коагулятов. Влияние на порог коагуляции заряда ионов электролита. Правило Шульце-Гарди (закон Дерягина). Коагуляция смесями электролитов.

Структурно-механический барьер по Ребиндеру. Формирование связно-дисперсных структур. Реологические параметры межфазных адсорбционных слоев (модуль упругости и вязкость). Лиофилизация поверхности частиц дисперсной фазы (уменьшение сложной константы Гамакера).

Модели агрегации в дисперсных системах, агрегаты как фрактальные системы. Особенности дисперсных систем, стабилизированных ВМС и ПАВ.

Методы очистки промышленных суспензий, основанные на изменении агрегативной и седиментационной устойчивости дисперсных систем.

Системы с жидкой дисперсионной средой. Лиозоли, жидкие кристаллы, суспензии. Диаграмма фазовых состояний многокомпонентных систем, содержащих ПАВ. Стабилизация и коагуляция золь и суспензий в водных и органических средах. Золь-гель переход как способ получения новых материалов. Осаждение, фильтрация суспензий и использование коагулянтов, флокулянтов и ПАВ. Технические суспензии и пасты минеральных и органических веществ.

Эмульсии, их классификация. Стабилизация эмульсий ПАВ, ВМС и порошками. Обращение фаз эмульсий. Определение типа эмульсий. Разрушение эмульсий. Деэмульгаторы. Эмульсии в природе, технике и химической технологии.

Пены, их стабилизация и разрушение. Тонкие пленки (серые, черные). Поверхностное натяжение тонких пленок. Эффекты Гиббса и Марангони-Гиббса.

Системы с газообразной дисперсионной средой. Аэрозоли: дымы, пыли, туманы. Получение, свойства и способы разрушения аэрозолей. Факторы стабилизации аэрозолей. Физические основы улавливания аэрозолей на фильтрах. Порошки, их текучесть, склонность к коагуляции. Физико-химические основы переработки порошков.

Системы с твердой дисперсионной средой. Факторы стабилизации в системах с твердой дисперсионной средой. Высокопористые материалы - адсорбенты и катализаторы. Пенопласты, пенобетон, пеностекло. Наполненные и закристаллизованные стекла и эмали. Наполненные полимеры, композиционные материалы. Металлические сплавы.

8. Поверхностно-активные вещества

Общая характеристика и классификация ПАВ. Свойства водных рас-

творов ПАВ. Мицеллообразование. Влияние длины углеводородного радикала на критическую концентрацию ассоциации и ККМ. Точка Крафта. Оценка дифильных свойств ПАВ. Гидрофильно-липофильный баланс (ГЛБ), гидрофильно-олеофильное соотношение и их определения. Гидрофобные взаимодействия в водных растворах ПАВ. Изменение структуры воды при мицеллообразовании. Энтропийная природа мицеллообразования в водной среде. Факторы, влияющие на критическую концентрацию мицеллообразования (ККМ). Методы определения ККМ. Образование мицелл в неводной среде (обратных мицелл). Природа сил при мицеллообразовании в углеводородной среде. Термодинамика мицеллообразования. Квазихимический и псевдофазный подходы. Два уровня ассоциации. Солюбилизация. Микроэмульсии. Основные факторы моющего действия в водной и неводной среде. Смеси ИПАВ и НПАВ. Биоразлагаемость и токсичность ПАВ.

Строение и полиморфные превращения мицелл. Классификация жидкокристаллического состояния. Фазовые переходы в жидкокристаллических системах. Лиотропные жидкие кристаллы. Мембраноподобные системы (везикулы). Мицеллярный катализ.

9. Физико-химическая механика дисперсных систем

Структурообразование в дисперсных системах. Формирование структур в различных дисперсных системах (наносистемах) как частный случай коагуляции. Коагуляционно-тиксотропные и конденсационно-кристаллизационные структуры; взаимные переходы. Теория структурообразования - основа получения новых материалов. Типы и прочность контактов между частицами в структурированных дисперсных системах. Влияние дисперсионной среды, ПАВ и электролитов на силы сцепления в контактах.

Реологический метод исследования дисперсных систем. Основные понятия. Реологические параметры. Реологические модели (Гука, Сен-Венана-Кулона, Ньютона, Кельвина и Максвелла). Принципы моделирования реологических свойств тел. Упруговязкое, вязкоупругое, вязкопластическое тела. Время релаксации напряжения и деформации.

Классификация дисперсных систем по структурно-механическим свойствам. Ньютоновские и неньютоновские жидкости. Псевдопластические и дилатантные жидкости. Тиксотропия и реопексия. Бингамовские и небингамовские твердообразные тела. Методы измерения вязкости. Вязкость жидких агрегативно устойчивых дисперсных систем. Уравнение Эйнштейна. Реологические свойства структурированных жидкообразных и твердообразных систем. Типичные кривые течения. Характеристики прочности структуры. Зависимость вязкости от напряжения сдвига. Полная реологическая кривая.

Гели (студни); синерезис. Золь-гель технология неорганических материалов как контролируемый переход от свободнодисперсной системы (золя) к связнодисперсной (гелю) и материалу.

Эффект Ребиндера. Связь прочности с поверхностной энергией (уравнение Гриффитса). Адсорбционное влияние среды на пластичность и прочность твердых тел и материалов. Межзеренное смачивание. Условия образования связанной сети смоченных межзеренных границ; области приложения перколяционно-фрактальных моделей в физико-химической механике.

Эффект Ребиндера; основные факторы, определяющих формы и интенсивность его проявления: термодинамический, структурный, кинетический. Роль эффекта Ребиндера в геологических процессах, использование в технике.

10. Явления переноса в пористых телах и мембранные методы разделения смесей

Классификация мембран и мембранных методов. Принципы получения мембран и их характеристики. Мембранные равновесия. Уравнения Доннана. Мембранные потенциалы.

Течение жидкостей и газов в пористых телах. Закон Дарси и коэффициент проницаемости, уравнение Гаген-Пуазейля. Кнудсеновский поток и разделение газов. Диализ и электродиализ. Микрофльтрация, ультрафльтрация и обратный осмос. Проницаемость и селективность, концентрационная поляризация. Применение мембранных методов.

11. Коллоидная химия и охрана окружающей среды

Коагуляционные методы очистки природных и сточных вод. Перикинетическая, ортокинетическая коагуляция, гетерокоагуляция. Коагуляция порошками. Электрохимическая коагуляция. Флокуляционные методы очистки. Пенная сепарация Флотация, микрофлотация. Адсорбционные методы очистки сточных вод от органических веществ. Баромембранные методы очистки. Способы осаждения аэрозолей.

Методические материалы для проведения процедур оценивания результатов обучения

Кандидатский экзамен проводится по билетам, каждый из которых включает теоретические вопросы и практическое контрольное задание (ПКЗ). Для подготовки ответа аспирант (соискатель ученой степени) использует экзаменационные листы, которые сохраняются после приема экзамена в течение года. На каждого соискателя ученой степени заполняется протокол приема кандидатского экзамена, в который вносятся вопросы билетов и вопросы, заданные соискателю членами комиссии. Уровень знаний соискателя ученой степени оценивается на «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно». Протокол приема кандидатского экзамена подписывается членами комиссии с указанием их ученой степени, ученого звания, занимаемой должности и специальности согласно номенклатуре специальностей научных работников. В ходе экзамена, проводимого в форме индивидуального собеседования, оценивается степень сформированности «знаниевой» компоненты компетенции УК-2 (именно - знание методов научно-исследовательской деятельности) и ПК-10 (знание современного состояния науки в области коллоидной химии). Частично сформированность умения выбирать и применять в профессиональной деятельности экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследования (ОПК-1) проверяется при выполнении ПКЗ, их оценка учитывается как одна из составляющих общей оценки экзамена кандидатского минимума.

Рабочая программа дисциплины

1. Код и наименование дисциплины **Альтернативные источники углеводородного сырья**
2. Уровень высшего образования – подготовка научно-педагогических кадров в аспирантуре.
3. Направление подготовки 04.06.01 Химические науки. Направленность программы **Нефтехимия**
4. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП
Вариативная часть ООП, обязательная дисциплина, которую учащийся должен освоить для сдачи экзамена кандидатского минимума (4 семестр 2 год обучения).
5. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

Формируемые компетенции (код компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)
УК-2	31 (УК-2) Знать методы научно-исследовательской деятельности
ОПК-2	У1 (ОПК-1) Уметь выбирать и применять в профессиональной деятельности экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследования
ПК-10	31 (ПК-10) Знать современное состояние науки в области коллоидной химии

6. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся:
Объем дисциплины (модуля) составляет 3 зачетных единицы, всего 108 часов, из которых 36 часов составляет контактная работа аспиранта с преподавателем (20 часов - занятия лекционного типа, 8 часов групповые консультации, 8 часов индивидуальные консультации), 18 часов составляет самостоятельная работа аспиранта.

7. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия.
В специалитете или магистратуре должны быть освоены общие курсы «Органическая химия», «Коллоидная химия».

8. Образовательные технологии.

Используются следующие технологии: лекции-демонстрации и интерактивные лекции. Преподавание дисциплин проводится в форме авторских курсов по программам, которые составлены на основе результатов исследований, полученных научными школами МГУ.

9. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических или астрономических часов и виды учебных занятий

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе								
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них						Самостоятельная работа обучающегося, часы из них		
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Групповые консультации	Индивидуальные консультации	Учебные занятия, направленные на проведение текущего контроля успеваемости коллоквиумы, практические контрольные занятия и др)*	Всего	Выполнение домашних заданий	Подготовка рефератов и т.п..	Всего
.Переработка твердых горючих ископаемых	43	8		2	3					30
Переработка возобновляемого растительного сырья	39	8		4	3					24
Антидетонационные добавки Экологические аспекты	26	4		2	2					18

Промежуточная ат- тестация экзамен кандидатского мини- мума										
Итого	108	20		6		6	36			72

10. Ресурсное обеспечение:

- Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная литература

1. В.М.Капустин, С.А.Карпов, А.В.Царев. Оксигенаты в автомобильных бензинах. Москва, «КолосС», 2011.
2. А.К.Мановян. Технология переработки природных энергоносителей. Москва, Химия, «КолосС», 2004

Периодическая литература

1. Журнал «Нефтехимия»
2. Журнал «Химия и технология топлив и масел»
3. Журнал «Технологии нефти и газа»,
4. Журнал «Нефтепереработка и нефтехимия».
5. Журнал «Химическая технология»

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. Сайты ведущих российских компаний:

www.rosneft.ru

www.lukoil.ru

www.surgutneftegas.ru

www.slavneft.ru

www.gazprom-neft.ru

www.russneft.ru

Сайты крупнейших зарубежных компаний:

www.uop.com

www.exxonmobil.com

www.axens.net

www.shell.com

- Описание материально-технической базы.

Лекционные занятия проводятся в специально оборудованных аудиториях.

Вспомогательный материал в виде презентаций доступен аспирантам на сайте <http://chem.msu.ru/>

11. Язык преподавания - русский

12. Преподаватель (преподаватели) доктор химических наук, профессор А.В.Анисимов

Фонды оценочных средств, необходимые для оценки результатов обучения

1. Планируемые результаты обучения для формирования компетенций п.5 и соответствующие им критерии оценивания приведены в Приложении 8.

2. ПРОГРАММА-МИНИМУМ кандидатского экзамена по специальности 02.00.13 «Нефтехимия».

Введение

Настоящая программа охватывает вопросы химического состава и свойств нефтей, источников производства основных видов нефтехимического сырья и его промышленной переработки.

Программа разработана экспертным советом Высшей аттестационной комиссии Минобразования России по химии (по органической химии) при участии Российского химико-технологического университета им. Д.И. Менделеева и Института нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева РАН.

1. Химический состав и свойства нефти

Происхождение нефти. Генезис и химическая эволюция нефтей. Органическая теория происхождения нефти. Нефтематеринское вещество и его преобразование в нефть. Биodeградация нефти в природных условиях. Процесс нефтеобразования и химический состав нефти. Биомаркеры. Влияние температуры и природных катализаторов. Минеральная теория происхождения нефти.

Свойства, состав и классификация нефтей. Физические свойства нефтей. Химический состав нефти. Фракционный состав нефти. Элементный, индивидуальный и структурно-групповой состав нефти. Классификация нефтей.

Методы исследования нефтей. Физические и физико-химические методы. Ректификация. Хроматографические методы. Термическая диффузия. Оптическая спектроскопия в анализе углеводородных и гетероатомных компонентов. Спектры комбинационного рассеяния. Молекулярная масс- и хроматомасс-спектроскопия. Ядерный магнитный и парамагнитный резонанс.

Исторический обзор исследований по химии углеводородов нефти. Работы Д.И. Менделеева, В.В. Марковникова, Д.П. Коновалова, Н.Д. Зелинского, С.С. Наметкина, Б.А. Казанского, А.В. Топчиева и др.

Нефтяные углеводороды ряда метана (парафины). Физические и химические свойства парафинов нормального и разветвленного строения. Газообразные парафины. Природный газ. Жидкие и твердые парафины. Парафин и церезин. Изопренаны нефти.

Нафтенy (циклические углеводороды нефти). Углеводороды ряда циклогексана и циклопентана. Их содержание в нефтях. Важнейшие реакции. Синтез модельных углеводородов. Бициклические углеводороды нефти. Конденсированные и мостиковые би- и полициклические углеводороды. Адамантан и его гомологи. Тритерпаны, стераны и гопаны. Термодинамическая устойчивость цикланов. Конформационный анализ циклических углеводородов.

Ароматические углеводороды нефти. Типы ароматических углеводородов нефти и их определение в нефтях.

Сернистые соединения нефти. Характеристика сернистых соединений и их определение в нефтях. Перспективы их практического использования. Содержание серы в различных нефтях и нефтепродуктах.

Азотистые соединения нефти. Основные типы, их характеристики и определение в нефтях.

Кислородные соединения нефти. Нефтяные кислоты. Характеристика и содержание в нефти.

Смолистые и асфальтовые компоненты нефти. Разделение и характеристика.

Металлосодержащие соединения нефти. Порфирины. Микроэлементы.

2. Нефтеперерабатывающая и газоперерабатывающая промышленность, как источник производства основных видов нефтехимического сырья, жидких топлив и масел.

Нефть и газ, как источники производства основной группы исходных веществ для промышленного органического и нефтехимического синтеза (парафинов, олефинов, ароматических углеводородов, ацетиленy, оксида углерода и синтез-газа), жидких топлив и смазочных масел.

Промышленные процессы первичной переработки нефти и газа. Электрообессоливание и первичная перегонка нефти. Сырьё, характеристика стандартных нефтей, технология переработки и основные продукты. Типовые схемы нефтеперерабатывающих заводов. Переработка природного газа и газовых конденсатов. Переработка попутного газа.

Каталитический крекинг. Сырьё и его подготовка. Продукты крекинга. Катализаторы крекинга, строение алюмосиликатов и природа их каталитической активности. Роль протонной и апротонной кислотности. Цеолиты. Механизм протекающих реакций. Изменение свойств и регенерация катализаторов в процессе крекинга. Промышленные установки каталитического крекинга и основные технологические параметры.

Каталитический риформинг. Сырьё и его подготовка. Продукты риформинга. Получение высокооктановых компонентов бензина и ароматических углеводородов. Катализаторы риформинга, основные реакции и механизм каталитического превращения нафтеновых, парафиновых и ароматических углеводородов. Изменение свойств и регенерация катализаторов в процессе риформинга. Промышленные установки каталитического риформинга и основные технологические параметры.

Гидрогенизационные процессы в нефтепереработке. Основное назначение, катализаторы, химические основы и механизм гидрогенизационных процессов. Гидроочистка моторных топлив, смазочных масел, парафинов, вакуумных дистиллятов и вторичных газойлей. Реакторы и технология процессов гидроочистки. Гидрообессеривание нефтяных остатков. Гидрокрекинг бензиновых фракций с получением моторных топлив, сжиженных газов и изопарафиновых углеводородов. Гидрогенизационные процессы в производстве смазочных масел. Гидродеалкилирование и другие гидрогенизационные процессы в производстве ароматических углеводородов.

Термический крекинг и пиролиз. Термодинамика и кинетика распада углеводородов различных рядов и молекулярной массы. Свободно-радикальный механизм термического крекинга углеводородов. Получение светлых нефтепродуктов термическим разложением остаточных фракций, улучшение качества котельного топлива, получение термогазойля и нефтяного кокса. Пиролиз нефтяных фракций и газового сырья для производства низших олефинов и ароматических углеводородов. Переработка газообразных и жидких продуктов пиролиза. Пиролиз метана и других углеводородов для получения ацетилена. Регенеративный, гомогенный и окислительный пиролиз. Электрокрекинг. Состав газов пиролиза и их разделение.

Производство парафинов. Производство жидких парафинов депарафинизацией дизельных фракций. Депарафинизация масляных фракций для получения твёрдых парафинов.

Производство оксида углерода и синтез-газа. Каталитическая конверсия метана и других углеводородов. Научные основы процесса и технологические параметры. Окислительная конверсия. Высокотемпературная окислительная конверсия углеводородов в отсутствие катализаторов. Очистка синтез-газа, получение концентрированного оксида углерода и водорода.

Нефтяные топлива. Общая характеристика основных видов топлива (автомобильное, дизельное, авиационное, реактивное, котельное и др.). Поведение и превращения углеводородов при сгорании в двигателях. Улучшение эксплуатационных свойств топлив с помощью добавок. Антидетонаторы и механизм их действия. Октановое число. Цетановое число.

Нефтяные масла. Смазочные масла и их основные характеристики. Синтетические присадки к смазочным маслам (антиокислители, депрессоры, моющие, вязкостные, противоизносные и др.), механизм их действия. Комплексные присадки. Технические масла.

Проблема замены нефтяного сырья в производстве жидких топлив и масел. Ограниченность и невоспроизводимость нефтяных ресурсов. Возможности и перспективы использования углей, торфа, горючих и битуминозных сланцев, растительного сырья для производства искусственного жидкого топлива.

3. Основные процессы промышленной переработки нефтехимического сырья

Процессы галогенирования. Научные основы процессов галогенирования парафинов, олефинов, ацетилена, ароматических и алкилароматических углеводородов. Заместительное и присоединительное хлорирование. Галогенирующие агенты, катализаторы и инициаторы, условия галогенирования. Термическое, фотохимическое и окислительное галогенирование и механизм этих реакций. Гидрохлорирование олефинов и ацетилена. Получение хлорметанов, хлорэтанов, аллилхлорида, хлорбутенов, хлорпарафинов, винилхлорида, хлор и полихлорбензолов.

Гидратация олефинов и ацетилена. Термодинамика, катализаторы и механизмы реакций гидратации. Синтез этанола, изопропанола, втор. и трет. бутанолов, ацетальдегида.

Процессы алкилирования. Алкилирование олефинами ароматических углеводородов. Катализаторы, механизм и кинетика реакции. Получение этил, диэтил и изопропил бензолов. Алкилирование бензола высшими олефинами. Алкилароматические пластификаторы, смазочные масла, присадки и сырьё для поверхностно-активных веществ. Алкилирование фенолов, производство стабилизаторов полимеров и масел. Алкилирование парафинов, катализаторы и механизм реакции. Синтез высокооктановых моторных топлив. О-Алкилирование олефинами и ацетиленом. Синтез метил-трет-бутилового эфира, винилацетата и виниловых эфиров спиртов. Винилирование ацетиленом. Синтезы винилацетилена, акрилонитрила и винилпирролидона.

Димеризация и олигомеризация олефинов. Катализаторы димеризации и олигомеризации олефинов. Алюминийорганические соединения и синтезы на их основе. Производство линейных α -олефинов. Синтез линейных первичных спиртов.

Метатезис (диспропорционирование) олефинов. Гомогенные и гетерогенные катализаторы. Механизм. Влияние положения кратной связи. Практическое использование и перспективы.

Процессы окисления и эпексидирования. Окислительные агенты (молекулярный кислород, азотная кислота, пероксидные соединения). Радиально-цепное окисление парафиновых и алкилароматических углеводородов. Кинетика и катализ реакции. Получение гидропероксидов трет.бутилбензола, этилбензола и изопропилбензола. Получение спиртов и кислот окислением парафинов. Окисление нафтенов в спирты и кетоны. Окисление метилбензолов в ароматические кислоты. Гетерогенно-каталитическое окисление углеводородов и их производных. Окисление ароматических и других углеводородов с образованием внутренних ангидридов ди- и тетракарбоновых кислот. Окислительный аммонолиз олефинов и других углеводородов с образованием нитрилов. Окисление олефинов с сохранением двойной связи. Получение акролеина. Окисление этилена до оксида этилена. Катализаторы окисления в перечисленных процессах, механизм и кинетика реакций. Металлокомплексный катализ окисления олефинов. Эпексидирование олефинов пероксикислотами, пероксидом водорода и гидропероксидами. Получение оксида пропилена и глицидола. Синтез ацетальдегида и винилацетата из этилена.

Процессы дегидрирования и гидрирования. Термодинамика реакций дегидрирования и гидрирования. Катализаторы, механизм и кинетика реакций дегидрирования и гидрирования. Каталитическое и термическое дегидрирование. Дегидрирование алкилароматических соединений. Получение стирола, α -метилстирола, дивинилбензола. Дегидрирование парафинов и олефинов. Получение бутадиена и изопрена. Окислительное дегидрирование олефинов. Гидрирование ароматических углеводородов. Получение циклогексана.

Синтезы на основе оксида углерода. Синтез углеводородов из CO и водорода. Катализ, условия и механизм реакции. Синтез спиртов из CO и водорода. Получение метанола. Синтез альдегидов и спиртов C₃-C₉ из олефинов, CO и водорода (оксосинтез). Синтез карбоновых кислот на основе реакции карбонилирования олефинов, ацетилен и спиртов. Перспективы синтезов с использованием оксида и диоксида углерода.

Процессы сульфирования, сульфатирования, сульфоокисления и сульфохлорирования. Сульфирующие агенты и условия их применения. Механизм реакций. Получение алкилсульфонатов, олефинсульфонатов, алкилбензолсульфонатов, алкилсульфатов. Их значение в синтезе поверхностно-активных веществ. Области применения ПАВ, включая нефтедобычу.

Процессы нитрования. Нитрование парафинов, нафтен и ароматических углеводородов.

Методические материалы для проведения процедур оценивания результатов обучения

Кандидатский экзамен проводится по билетам, каждый из которых включает теоретические вопросы и практическое контрольное задание (ПКЗ). Для подготовки ответа аспирант (соискатель ученой степени) использует экзаменационные листы, которые сохраняются после приема экзамена в течение года. На каждого соискателя ученой степени заполняется протокол приема кандидатского экзамена, в который вносятся вопросы билетов и вопросы, заданные соискателю членами комиссии. Уровень знаний соискателя ученой степени оценивается на «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно». Протокол приема кандидатского экзамена подписывается членами комиссии с указанием их ученой степени, ученого звания, занимаемой должности и специальности согласно номенклатуре

специальностей научных работников. В ходе экзамена, проводимого в форме индивидуального собеседования, оценивается степень сформированности «знаниевой» компоненты компетенции УК-2 (именно - знание методов научно-исследовательской деятельности) и ПК-11 (знание современного состояния науки в области нефтехимии). Частично сформированность умения выбирать и применять в профессиональной деятельности экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследования (ОПК-1) проверяется при выполнении ПКЗ, их оценка учитывается как одна из составляющих общей оценки экзамена кандидатского минимума.

Рабочая программа дисциплины

1. Код и наименование дисциплины (модуля) – **Проблемы современной радиохимии**

2. Уровень высшего образования – подготовка научно-педагогических кадров в аспирантуре.

3. Направление подготовки 04.06.01 «Химические науки». Направленность программы **Радиохимия**

4. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП

Вариативная часть ООП, обязательная дисциплина, которую учащийся должен освоить для сдачи экзамена кандидатского минимума (4 семестр 2 год обучения).

5. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

Формируемые компетенции (код компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)
УК-2	31 (УК-2) Знать методы научно-исследовательской деятельности
ОПК-2	У1 (ОПК-2) Уметь выбирать и применять в профессиональной деятельности экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследования
ПК-12	31 (ПК-12) Знать современное состояние науки в области радиохимии

6. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся:

Объем дисциплины (модуля) составляет 3 зачетных единицы, всего 108 часов, из которых 60 часов составляет контактная работа аспиранта с преподавателем (18 часов занятия лекционного типа, 18 часов занятия семинарского типа (семинары, научно-практические занятия, лабораторные работы и т.п.), 6 часов групповые консультации, 6 часов индивидуальные консультации, 6 часов мероприятия текущего контроля успеваемости, 6 - мероприятия промежуточной аттестации), 48 часа составляет самостоятельная работа аспиранта.

7. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия.

В специалитете или магистратуре должны быть освоены дисциплины «Ядерно-физические основы радиохимии», «Биологическое действие ионизирующего излучения и радиационная безопасность», «Методы разделения, концентрирования и определения радионуклидов», «Применение радиоактивных индикаторов».

8. Образовательные технологии.

Используются следующие технологии: проблемно-ориентированные лекции, лекции-демонстрации, интерактивные лекции. Лекции читаются ведущими учеными Московского университета и приглашенными профессорами – российскими и зарубежными учеными с мировым именем, специализирующимися в области современной радиохимии

9. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических или астрономических часов и виды учебных занятий

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе								
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них						Самостоятельная работа обучающегося, часы из них		
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Групповые консультации	Индивидуальные консультации	Учебные занятия, направленные на проведение текущего контроля успеваемости коллоквиумы, практические контрольные занятия и др)*	Всего	Выполнение домашних заданий	Подготовка рефератов и т.п..	Всего
Радиоактивные элементы	14	4	4		2		10	4		4
Ядерная химия	16	4	4	2		2	12	4		4

Термодинамика водных растворов радиоактивных элементов	18	4	4	2	2	2	14	4		4
Методы расчета химических равновесий с участием радиоактивных элементов	24	4	4	2		2	12	4	8	12
Меченые соединения	16	2	2		2		6	2	8	10
Промежуточная аттестация	20		6					14		
Итого	108	18	18	6	6	6	60			48

10. Ресурсное обеспечение:

Основная литература

1. Бекман И.Н. Радиохимия в 2-х т. Т.1 Фундаментальная радиохимия М.: Юрайт, 2014, 473 с.
2. Бекман И.Н. Радиохимия в 2-х т. Т.2 Прикладная радиохимия и радиационная безопасность М.: Юрайт, 2014, 386 с.
3. Сапожников Ю.А., Алиев Р.А., Калмыков С.Н. Радиоактивность окружающей среды. Бином, 2006, 268 с.
4. Ан.Н.Несмеянов. Радиохимия. М.: Химия. 1985.
5. Р.А. Алиев, С.Н. Калмыков Радиоактивность. М.: Лань. 2013, 304 с.
6. И.Хала, Дж. Навратил. Радиоактивность, ионизирующее излучение и ядерная энергетика. Пер. с англ./под ред. Б.Ф. Мясоедова, С.Н. Калмыкова. М.: ЛКИ, 2013. 432 с.

Дополнительная литература

1. Ядерная энциклопедия Автор: Ярошинская А.А. Издательство: Благотворительный фонд Ярошинской Год: 1996 Страниц: 656
2. Химическая энциклопедия, Изд. БРЭ, т.т. 1-5, 1988-1998
3. Modelling in Aquatic Chemistry. OECD Publications, 1997, 724 pp.
4. The Chemistry of the Actinide and Transactinide Elements (Set Vol.1-6), Ed.: L.R. Morss, N. Edelstein, J. Fuger, J.J. Katz. Springer Netherlands, 2011.

Периодическая литература

Журналы «Радиохимия», "Radiochemical and radioanalytical letters", "Radiochemical and nuclear methods of analysis", "Radiochemical and nuclear chemistry", "Radiochimica Acta"

Интернет-ресурсы

1. <http://profbeckman.narod.ru/>
2. <http://beckuniver.ucoz.ru/>
3. <http://radiochemistry-msu.ru>
4. <https://thereda.com/en/>
5. <http://www.oecd-nea.org/dbtdb/>

Лекционные занятия проводятся в специально оборудованных аудиториях.

11. Язык преподавания.

Русский

12. Преподаватель (преподаватели).

д.х.н., профессор БЕКМАН ИГОРЬ НИКОЛАЕВИЧ, igor.bekman@mail.ru, 495-939-32-12

д.х.н., профессор КАЛМЫКОВ СТЕПАН НИКОЛАЕВИЧ, stepan@radio.chem.msu.ru, 495-939-32-20

к.х.н., доцент ПЕТРОВ ВЛАДИМИР ГЕННАДИЕВИЧ, Vladimir.g.petrov@gmail.com, 495-939-32-20

Фонды оценочных средств, необходимые для оценки результатов обучения

1. **Планируемые результаты обучения** для формирования компетенций п.5 и соответствующие им критерии оценивания приведены в Приложении 8.

2. **Образцы оценочных средств** для текущего контроля усвоения материала:

- контрольных вопросов;
 1. Расскажите, чем радиохимия отличается от других разделов химии.
 2. Расскажите об основных методах радиохимии.
 3. Расскажите о особенности химии горячих атомов и применении ядерной химии для синтеза меченых соединений.
 4. Опишите основные химические свойства актинидов.
 5. Расскажите об основных термодинамических моделях, описывающих поведение радиоактивных элементов в водных растворах.

- домашних заданий;

1. Самостоятельно предложить задачи и провести расчёт кинетики радиоактивного распада смесей радионуклидов и генетически связанных радионуклидов.
2. Самостоятельно предложить задачи и провести расчёт изотопных эффектов
3. Самостоятельно предложить задачи и провести расчет химических равновесий с использованием специализированного программного обеспечения.

- тем для рефератов;

1. Технеций: синтез и свойства
2. Радиофармпрепараты
3. Методы и современные программные пакеты расчета термодинамических равновесий в сложных системах с участием радиоактивных элементов

3. ПРОГРАММА-МИНИМУМ кандидатского экзамена по специальности 02.00.14 «Радиохимия» по химическим и техническим наукам

Введение

В основу настоящей программы положены следующие разделы науки: радиохимия, ядерная физика, радиохимическая технология.

Программа разработана экспертным советом по химии (по неорганической химии) Высшей аттестационной комиссии Минобробразования России при участии Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, С.-Петербургского государственного университета, Института физической химии РАН, Института геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН, РНЦ "Курчатовский институт" и НПО "Радиевый институт" им. В.Г. Хлопина.

I. Физические основы радиохимии

История научных открытий конца XIX и начала XX века, приведших к созданию радиохимии и ядерной физики как самостоятельных разделов химии и физики. Роль русских ученых в создании и развитии радиохимии.

Предмет радиохимии. Ранние и современные определения радиохимии. Основные этапы развития радиохимии и их характеристика.

Общие свойства атомных ядер. Изотопия (включая систематику и распределение изотопов). Радиоактивность (α , β , E - захват, изомерный переход). Законы распада.

Взаимодействие излучения с веществом. Основы дозиметрии. Методы обнаружения и измерения интенсивности радиоактивных излучений. Основные методы ядерной спектроскопии.

Получение быстрых заряженных частиц. Источники нейтронов. Общие закономерности ядерных реакций. Энергетические эффекты, эффективное сечение. Основные типы ядерных реакций. Взаимодействие нейтронов с веществом. Реакция деления. Цепная ядерная ре-

акция. Основные типы атомных реакторов. Понятие о термоядерных реакциях. Реакции получения трансурановых элементов с помощью нейтронов (реактор, водородная бомба) и ускоренных ионов.

Пост-эффекты ядерных реакций и ядерных превращений. Эффект Мессбауэра. Применение его в химических исследованиях. Аннигиляция позитронов. Позитроний как объект химического исследования.

II. Общая радиохимия

1. Свойства и поведение изотопов средних и тяжелых элементов

Динамический характер изотопного состава объектов радиохимии. Ядерно-физические и физико-химические аспекты поведения изотопов. Понятие идентичности физико-химического поведения изотопных атомов.

2. Процессы изотопного обмена

Явление изотопного обмена и его определение. Идеальный изотопный обмен. Классификация реакций идеального изотопного обмена. Движущая сила реакций идеального изотопного обмена.

Важнейшие термохимические, термодинамические и кинетические особенности этих реакций. Основной закон кинетики реакции идеального изотопного обмена и его особенности. Важнейшие кинетические характеристики реакций идеального изотопного обмена. Основные моменты экспериментального изучения реакций изотопного обмена.

Значение процессов изотопного обмена для теоретической и прикладной радиохимии и смежных с ней областей знаний.

3. Процессы распределения радионуклидов между различными фазами

3.1. Распределение между жидкой и твердой фазами.

Сорбция, хемосорбция и хроматография в радиохимии.

Процессы соосаждения. Их классификация. Соосаждение с изотопными носителями. Принцип действия изотопных носителей.

Сокристаллизация и адсорбция микроконцентраций радионуклидов.. Изоморфное соосаждение. Образование Гриммовских смешанных кристаллов. Аномальные смешанные кристаллы.

Количественные характеристики распределения микрокомпонента между осадком и раствором. Работы Хлопина и Гана. Термодинамически равновесное распределение. Закон Хлопина. Константа Хлопина и коэффициент кристаллизации. Работы Ратнера. Истинный коэффициент кристаллизации. Распределение микрокомпонента между твердой фазой и расплавом.

3.2. Адсорбция радионуклидов.

Правила адсорбции Панета-Фаянса и Гана. Классификация процессов адсорбции на ионных кристаллах. Первичная потенциал-образующая и первичная обменная адсорбция, вторичная адсорбция, их закономерности. Зависимость первичной и вторичной адсорбции от свойств ионов, pH раствора. Внутренняя адсорбция. Ионно-обменная адсорбция.

3.3. Электрохимия радиоактивных элементов.

Приложимость уравнения Нернста к сильно разбавленным растворам. Критический потенциал выделения и методы его определения. Электролиз микроконцентраций элементов. Факторы, влияющие на процесс электролиза веществ, находящихся в микроконцентрациях. Кинетика процесса электроосаждения. Электрохимические методы изучения свойств радиоактивных элементов в растворах.

3.4. Состояние радионуклидов в разбавленных жидких, твердых и газообразных средах.

Состояние радиоактивных изотопов в растворах. Ионное, молекулярное и коллоидное состояние. Доказательства существования радионуклидов в различных состояниях. Методы исследования состояния радионуклидов.

4. Экстракция в радиохимии

Проведение экстракции и реэкстракции. Кинетика экстракции. Коэффициент распределения и константа экстракции. Механизм экстракционного процесса и влияние различных факторов на экстракционное равновесие. Извлекаемая и экстрагируемая доли. Экстракционное разделение смесей радионуклидов. Коэффициенты разделения элементов и выбор оптимальных условий разделения. Лабораторные и промышленные экстракторы. Многостадийность экстракционных процессов. Применение экстракции для выделения и концентрирования радионуклидов. Получение радионуклидов без носителей. Переработка ядерного горючего. Выделение плутония и регенерация урана. Разделение продуктов деления (осколочные радионуклиды).

5. Процессы радиоколлоидообразования

Состояние радиоактивных элементов в крайне разбавленных растворах. Истинные и псевдорadioколлоиды, условия их образования. Особенности поведения радионуклидов в радиоколлоидах. Методы исследования. Значение и область применения.

III. Химия радиоактивных элементов

Возможность изучения химии радиоактивного элемента по поведению любого из его изотопов, как следствие идентичности физико-химических свойств изотопов. Сохранение индивидуальных свойств элементов при предельно малых концентрациях. Особенности поведения радиоактивных элементов, связанные с малыми концентрациями (невозможность образования самостоятельных твердых фаз и протекания реакций с участием нескольких частиц, содержащих радиоактивный элемент, сдвиги потенциалов выделения и т.д.).

Электронная структура тяжелых элементов и возможность дальнейшего расширения периодической системы. Естественные и искусственные радиоактивные элементы: технеций, прометий, полоний, астат, радон, франций, радий, актиний, торий, протактиний, уран, нептуний, плутоний и трансплутониевые элементы. История открытия, положение в периодической системе, электронная структура, основные изотопы, методы выделения из природных объектов или получения с помощью ядерных реакций, методы идентификации, физические и химические свойства. Работы Объединенного института ядерных исследований (г. Дубна) в области синтеза и идентификации сверхтяжелых элементов.

Степени окисления элементов и их устойчивость, важнейшие химические формы, их получение и анализ, практическое использование.

1. Уран. Распространенность в природе, изотопы урана. Важнейшие соединения урана, их получение и свойства

Гидриды: методы получения, физические и химические свойства.

Галогениды: методы получения, состав и кристаллическая структура, термодинамические свойства, химические реакции.

Оксиды: методы получения, области существования индивидуальных фаз. Химические реакции.

Соли урана и уранила: сульфаты, оксалаты, ацетаты, фосфаты, нитраты, галогенацетаты и др.

2. Химия урана в растворах

Состояния окисления, устойчивые в водных растворах, окислительно-

восстановительные реакции, влияние температуры и кислотности на скорости окислительно-восстановительных реакций. Комплексообразование урана и гидролиз его солей в водных растворах. Химия урана в неводных растворах. Комплексообразование с органическими лигандами.

3. Химия трансурановых элементов в водных растворах

Окислительно-восстановительные реакции, комплексообразование, гидролиз.

IV. Химические процессы, инициированные ядерными превращениями.

1. Химические следствия радиоактивного распада

Химические изменения при изомерном переходе. Явление ядерной изомерии. История открытия. Причины явления. Различные виды превращений изомерных ядер. Методы идентификации изомерных состояний. Внутренняя конверсия, последующие процессы, развивающиеся в электронных оболочках, при изомерных переходах. Механизм химических изменений при изомерных переходах атомов в составе молекулярных систем. Разделение ядерных изомеров.

Химические изменения при процессах β -распада. Процессы, происходящие при β -превращениях атомов (изменение зарядового состояния, радиоактивная отдача, ионизация и возбуждение электронных оболочек вследствие внезапного изменения заряда ядра).

Процессы β -распада атомов в составе молекулярных систем как основа метода синтеза новых химических форм радиоактивных элементов и меченых соединений. Особенности последствий процессов β -распада трития в составе молекулярных систем и их использование для получения промежуточных реакционноспособных частиц (карбениевые ионы, их кремниевые и германиевые аналоги, ионы-карбеноиды, карбены, нитрены и т.д.). Значение новых методов получения и исследования реакции этих частиц для развития кинетики химических реакций в органической и неорганической химии.

2. Химические изменения при искусственно вызываемых ядерных превращениях

Реакция (n, γ). Ее особенности. Энергия связи нейтрона с ядром и γ -кванты захвата. Энергия отдачи при эмиссии γ -квантов захвата. Эффект Сцилларда-Чалмерса. Возникновение «горячих» атомов. Удержание, его причины и виды. Реакции «горячих» атомов. Основные идеи теории упругих и неупругих соударений и теории «горячей» зоны.

Химические изменения при рациональном захвате нейтрона как основа метода обогащения искусственных радионуклидов и синтеза меченых соединений.

V. Научные основы технологии ядерного горючего

Переработка урановых руд и их комплексное использование. Физические и химические методы обогащения, вскрытие урановых руд. Сорбционно-экстракционные методы извлечения урана из растворов и пульп. Промышленное получение металлического урана, его сплавов, оксидов, тетрафторида и гексафторида.

Основные химические реакции, используемые при разделении урана, нептуния, плутония и продуктов деления. Главнейшие окислители и восстановители, применяемые в технологии урана, нептуния и плутония.

Основы ядерно-энергетического цикла. Типы ядерных реакций. Нейтронные реакции. Замедление нейтронов. Особенности реакций с медленными и быстрыми нейтронами. Деление ядер тяжелых элементов. Распределение продуктов деления по массам и зарядам. Цепные реакции. Принцип действия ядерного реактора. Ядерное горючее, замедлители, теплоносители.

Реакторы. Конструкционные особенности реакторов на быстрых и тепловых нейтронах. Вещества и материалы, применяемые в качестве замедлителей, теплоносителей, отражателей и деталей конструкций.

Теплоделяющие элементы на основе металлов: урана, тория. Керамические твэлы, оболочки твэлов из алюминия, магния, циркония и их сплавов. Конструкция твэлов.

Переработка облученного ядерного горючего. Подготовительные процессы при переработке ядерного горючего, «охлаждение», механическая обработка, растворение оболочек твэлов из различных материалов и сплавов.

Общие принципы построения технологических схем при переработке ядерного горючего.

Осадительные процессы переработки горючего с целью получения плутония: лантансульфатный, фторидный, висмутфосфатный. Поведение осколков деления на отдельных стадиях процесса осаждения.

Общие принципы построения технологических схем при переработке ядерного горючего.

Экстракционно-хроматографические методы – основа технологических процессов безотходных производств. Химия процессов экстракции урана и трансурановых элементов кислородсодержащими органическими растворителями, фосфорорганическими соединениями и аминами. Экстракция хелатов. Разделение урана и трансурановых элементов ионообменными методами.

Переработка облученного ядерного горючего сухими методами.

Процессы разделения, основанные на различной летучести фторидов, экстракция из расплавов жидкими металлами и солями. Окислительное шлакование. Электрофторирование.

VI. Проблемы обращения с радиоактивными отходами

Формы существования и миграции радионуклидов в природных средах. Естественные и техногенные радионуклиды в биосфере. Продукты деления, методы их выделения, переработка и использование. Источники образования жидких, твердых и газообразных отходов. Хранение и переработка высокоактивных жидких отходов. Очистка жидких отходов низкого и среднего уровня активности. Определение радионуклидов в объектах окружающей среды. Радиоактивное загрязнение окружающей среды и возможности современной радиохимии в области мониторинга. Реабилитация территорий, загрязненных радионуклидами.

Радиохимические аспекты ядерной трансмутации.

VII. Прикладная радиохимия

1. Меченые соединения

Получение и идентификация меченых соединений. Химические, физико-химические, ядерно-химические и биохимические методы синтеза. Процессы авторадииолиза. Химия ультра-короткоживущих биогенных радионуклидов. Радиохимические аспекты позитронно-эмиссионной томографии.

2. Радиоактивные индикаторы в науке и технологии

Основы метода радиоактивных индикаторов. Применение радиоактивных изотопов в аналитической, органической и физической химии. Исследование структуры и структурных изменений химических соединений. Определение давления пара труднолетучих веществ. Исследование равновесий. Изучение кинетики и катализа. Исследование процессов миграции (диффузии, электролитической проводимости, термической диффузии и т.п.). Корреляционный и изотопный эффекты. Химические аспекты использования радионуклидов в биологии и медицине.

Методические материалы для проведения процедур оценивания результатов обучения

Кандидатский экзамен проводится по билетам, каждый из которых включает теоретические вопросы и практическое контрольное задание (ПКЗ). Для подготовки ответа аспирант (соискатель ученой степени) использует экзаменационные листы, которые сохраняются после приема экзамена в течение года. На каждого соискателя ученой степени заполняется протокол приема кандидатского экзамена, в который вносятся вопросы билетов и вопросы, заданные соискателю членами комиссии. Уровень знаний соискателя ученой степени оценивается на «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно». Протокол приема кандидатского экзамена подписывается членами комиссии с указанием их ученой степени, ученого звания, занимаемой должности и специальности согласно номенклатуре специальностей научных работников. В ходе экзамена, проводимого в форме индивидуального собеседования, оценивается степень сформированности «знаниевой» компоненты компетенции УК-2 (именно - знание методов научно-исследовательской деятельности) и ПК-12 (знание современного состояния науки в области радиохимии). Частично сформированность умения выбирать и применять в профессиональной деятельности экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследования (ОПК-1) проверяется при выполнении ПКЗ, их оценка учитывается как одна из составляющих общей оценки экзамена кандидатского минимума.

Рабочая программа дисциплины

1. Код и наименование дисциплины (модуля) – **Современные методы органической химии в создании лекарств**

2. Уровень высшего образования – подготовка научно-педагогических кадров в аспирантуре.

3. Направление подготовки 04.06.01 «Химические науки». Направленность программы **Медицинская химия**

4. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП

Вариативная часть ООП, обязательная дисциплина, которую учащийся должен освоить для сдачи экзамена кандидатского минимума (4 семестр 2 год обучения).

5. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

Формируемые компетенции (код компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)
УК-2	31 (УК-2) Знать методы научно-исследовательской деятельности
ОПК-2	У1 (ОПК-2) Уметь выбирать и применять в профессиональной деятельности экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследования
ПК-12	31 (ПК-12) Знать современное состояние науки в области медицинской химии

6. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся:

Объем дисциплины (модуля) составляет 3 зачетных единицы, всего 108 часов, из которых 72 часа составляет контактная работа аспиранта с преподавателем (36 часов занятия лекционного типа, 6 часов групповые консультации, 6 часов индивидуальные консультации, 6 часов мероприятия текущего контроля успеваемости, 6 - мероприятия промежуточной аттестации), 36 часов составляет самостоятельная работа аспиранта.

7. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия.

В специалитете или магистратуре должны быть освоены дисциплины «Ядерно-физические основы радиохимии», «Биологическое действие ионизирующего излучения и радиационная безопасность», «Методы разделения, концентрирования и определения радионуклидов», «Применение радиоактивных индикаторов».

8. Образовательные технологии.

Используются следующие технологии: проблемно-ориентированные лекции, лекции-демонстрации, интерактивные лекции. Лекции читаются ведущими учеными Московского университета и приглашенными профессорами – российскими и зарубежными учеными с мировым именем, специализирующимися в области современной радиохимии

9. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических или астрономических часов и виды учебных занятий

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе								
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них						Самостоятельная работа обучающегося, часы из них		
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Групповые консультации	Индивидуальные консультации	Учебные занятия, направленные на проведение текущего контроля успеваемости коллоквиумы, практические контрольные занятия и др)*	Всего	Выполнение домашних заданий	Подготовка рефератов и т.п..	Всего
Основы комбинаторной химии. Комбинаторный синтез аналогов соединения-лидера.										

Направленная модификация структуры лидирующего соединения на основе эмпирической структурной аналогии.										
Общие подходы к созданию аналогов соединения-лидера. Особые случаи создания его аналогов.										
Стереохимические аспекты в синтезе лекарственных веществ.										
Промежуточная аттестация										
Итого	108						72			36

10. Ресурсное обеспечение:

Основная литература

1. О.Н. Зефирова. Основные понятия и термины медицинской химии (под ред. акад. Н.С. Зефирова). Методическое пособие. М.: Цифровичок, 2013.
2. Chemical Reviews, 1997, Vol. 97, No 2 (номер журнала посвящен комбинаторной химии, на стр. 347–348 – вводная статья).
3. The practice of medicinal chemistry (ed. C.G. Wermuth). L., Elsevier (2nd ed. 2003), 768 с.
4. G.A. Patani, E.J. LaVoie. Bioisosterism: A rational approach in drug design. Chemical Reviews. 1996, vol. 96, N 8, P. 3147–3176.
5. G. Patrick. An introduction to medicinal chemistry. Oxford, Oxford University Press, 1st ed. 1995, 336 с.; 3rd ed. 2004. (Первое издание этого учебника доступно в электронном виде на Интернет-сайте Химического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова; ссылка: <http://www.chem.msu.ru/rus/books/patrick/welcome.html>).

Дополнительная литература

1. О.Н. Зефирова. Об истории возникновения и развития концепции изостеризма. Вестник Моск. Ун-та. 2002, т. 43, № 4. С 251–256.

Периодическая литература

1. Journal of Medicinal Chemistry
2. Journal of Medicinal Chemistry Letters
3. Bioorganic and Medicinal Chemistry
4. Bioorganic and Medicinal Chemistry Letters

Для всех перечисленных изданий открыт доступ с сервера химического факультета МГУ

Интернет-ресурсы

Сайт с презентациями лекций и семинаров ведущих ученых «Henry Stewart Talks Online Collections». Раздел «Drug discovery»:
http://hstalks.com/main/browse_series.php?j=763&c=252

11. Язык преподавания.

Русский

12. Преподаватель (преподаватели).

1. Доктор химических наук, доцент Зефирова Ольга Николаевна, кафедра органической химии химического факультета МГУ имени М.В.Ломоносова,

e-mail: olgaz@org.chem.msu.ru, телефоны (495)-939-48-78, (495)-939-12-43

2. Доктор химических наук, профессор Томилова Лариса Годвиговна, кафедра органической химии химического факультета МГУ имени М.В.Ломоносова,

e-mail: tom@org.chem.msu.ru, телефон (495)-939-12-43

3. Доктор химических наук, доцент Матвеева Елена Дмитриевна, кафедра органической химии химического факультета МГУ имени М.В.Ломоносова,

e-mail: matveeva@org.chem.msu.ru, телефоны (495)-939-52-47

4. Кандидат химических наук, доцент Демьянович Валерия Михайловна, кафедра органической химии химического факультета МГУ имени М.В.Ломоносова,

e-mail: demyan@org.chem.msu.ru, телефоны (495)-939-35-40

Фонды оценочных средств, необходимые для оценки результатов обучения

1. **Планируемые результаты обучения** для формирования компетенций п.5 и соответствующие им критерии оценивания приведены в Приложении 8.

2. Примеры ПКЗ

1. Предложите алгоритм действий при решении задачи направленной модификация структуры лидирующего соединения на основе эмпирической структурной аналогии.
2. Подготовьте доклада по предложенным статьям из новейших номеров журналов по медицинской химии с построением графических зависимостей «структура – активность» в рядах аналогов соединения-лидера
3. Проведите комбинаторный синтез аналогов предложенного соединения-лидера

3. **ПРОГРАММА-МИНИМУМ** кандидатского экзамена по специальности 02.00.16 «Медицинская химия» по химическим и техническим наукам

Введение

Настоящая программа базируется на основополагающих разделах медицинской химии – дизайна лекарств, – включая теоретические проблемы взаимосвязи химической структуры лекарства и его биологической мишени, методы синтеза химических веществ с потенциальной физиологической активностью и их идентификации, методы компьютерного молекулярного моделирования и QSAR как основы для предсказания структур с заданной активностью.

Программа разработана экспертным советом Высшей аттестационной комиссии Министерства образования Российской Федерации по химии (по органической химии) при участии Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова.

I. Основные понятия и термины медицинской химии. Взаимосвязь химических структур лекарства и его биологической мишени.

Медицинская химия: определения и цели. Основные этапы конструирования лекарственных препаратов (и лекарственных форм). Соединение-лидер и стратегии его поиска. Понятия: *me - too drug*, *through - put screening*, *hit compound*, комбинаторные библиотеки, *building block*, *scaffold*, *de novo* дизайн физиологически активных веществ (ФАВ).

Биологические мишени действия ФАВ (структуры липидов, белков, нуклеиновых кислот). **Принципы создания структур их лигандов.**

Особенности химической структуры и механизм действия ионофоров и каналобразующих соединений. Синтетические аналоги природных ионофоров.

Структура ферментов и их активных центров. Химические эффекторы ферментов (субстраты, ингибиторы и модифицирующие агенты). Обратимое ингибирование, кинетические типы (примеры). Связь эффективности ингибирования и IC_{50} . Особенности химического строения конкурентных ингибиторов как отражение особенностей строения активных центров ферментов. Понятие фармакофора. Необратимое ингибирование, структурные особенности ингибиторов (на примере ОВ нервно-паралитического действия и др.). Аналоги переходного состояния, принцип их конструирования (*примеры*). Суицидные субстраты, особенности их структуры и механизма; ограничения их клинического использования (понятие «*molecular tool*»). Аллостерическое ингибирование. Особенности структуры аллостерических ингибиторов в системах с контролем по принципу обратной связи.

Химические основы возникновения и проведения нервных импульсов, понятие нейромедиатора и рецептора. Общая классификация рецепторов (механизмы передачи сигнала). Структуры вторичных мессенджеров. Агонисты и антагонисты: определения и общие подходы к созданию их структур (*примеры*). Понятия *эутомер*, *дистомер*, *изостер*, *биоизостер*, *umbrella* -эффект. Аллостерические агонисты и антагонисты. Понятия сродства соединения к рецептору и его внутренней активности. Частичные агонисты. Ацетилхолиновые рецепторы. Классификация и механизм передачи сигнала. Природные и синтетические агонисты и антагонисты. Особенности структур и принципы создания лигандов ацетилхолиновых рецепторов, их возможное терапевтическое применение.

Синтез серотонина в организме и основная реакция его метаболизма. Серотониновые рецепторы, их классификация и механизм передачи сигнала. Примеры конструирования агонистов и антагонистов серотониновых рецепторов первого, второго и третьего подтипов, их использование в клинической практике (*буспирон*, *суматриптан*, *ондансетрон* и *новые лиганды др.*).

Рецепторы глутаминовой кислоты. Классификация, механизм передачи сигнала, сайты связывания лигандов. Ионотропные рецепторы: принципы конструирования агонистов и антагонистов различных подтипов и сайтов (*D - AP 5(7)*, *производные кинуреновой кислоты*, *МК-801*, *мемантин* и др.). Структуры агонистов и антагонистов первой группы метаботропных глутаматных рецепторов (*AIDA*). Терапевтическое применение лигандов глутаматных рецепторов и проблемы в их создании.

Синтез дофамина и адреналина в организме. Классификация, механизм действия и лиганды дофаминовых рецепторов, их терапевтическое применение. Классификация адреналиновых рецепторов. Структурные особенности, подходы к конструированию и клиническое применение лигандов, взаимодействующих с различными подтипами адренорецепторов (*примеры*).

Гистамин, его функция в организме, классификация его рецепторов. Антагонисты различных подтипов гистаминовых рецепторов, принципы конструирования, клиническое использование.. Побочные эффекты первого поколения антигистаминовых препаратов и пути преодоления этих эффектов с помощью структурных модификаций.

Опиатные рецепторы: классификация, особенности механизма действия, эндогенные лиганды. Морфин и основные соотношения «структура–свойство» для его аналогов. Возможные пути устранения наркотических свойств лигандов опиатных рецепторов.

Структуры соединений, селективных к определенным подтипам опиатных рецепторов. Налоксон, его клиническое применение и попытки объяснения активности с помощью метода компьютерного молекулярного моделирования.

Рецепторы g-аминомасляной кислоты – классификация и механизм передачи сигнала. Особенности строения и связывания с рецептором лигандов различных подтипов. Объяснение активности *баклофена* с помощью метода компьютерного молекулярного моделирования.

Гормональные рецепторы, общий механизм гормональной регуляции. Строение лигандов тиреоидных гормонов и их аналогов. Особенности механизма действия рецепторов стероидных гормонов. Примеры конструирования агонистов и антагонистов эстрогеновых и андрогеновых рецепторов.

Рациональные подходы к созданию структур, взаимодействующих с ДНК: примеры интеркаляторов и алкилирующих агентов. Механизм действия *8-метоксипсораленов*. Соединения, действующие на РНК: примеры структур и принцип действия.

Модификация структур с целью улучшения фармакокинетических свойств.

Понятие биодоступности. Основные фармакокинетические характеристики. Примеры изменения структуры ФАВ с целью улучшения фармакокинетических характеристик и других нежелательных свойств лекарств. Попытки предсказания возможности «доведения» активного соединения до лекарства; правила Липинского.

Гематоэнцефалический барьер и способы его «преодоления» химическими веществами. Мембранотропность препаратов, придание и регуляция мембранотропности введением якорной группы (гидрофобизацией, гликозилированием).

Основные метаболические реакции и способы «защиты» от них с помощью структурных модификаций. Понятия *soft - drug*, *hard - drug*, пролекарство.

Носители и формы лекарственных препаратов. Комплексы типа «гость»–«хозяин», супрамолекулярные формы, нанокapsулы и наногранулы.

Понятие о фармакодинамике. Структурные особенности мутагенов. Явления, возникающие при повторном введении лекарственных препаратов.

Количественная характеристика биологической активности.

Уравнение Скетчарда. Графическое определение сродства лиганда к рецептору. Понятие и определение (графическое или др.) величин EC_{50} , IC_{50} , ED_{50} , LD_{50} . Терапевтический индекс.

Тестирование *in vivo*: трансгенные животные; поведенческие модели (примеры). Клинические испытания – понятия *orphan drug*; *плацебо*; *двойной слепой метод*.

Принципы конструирования соединений с определенными типами физиологической активности.

Принципы создания антибактериальных препаратов. Структуры и мишени действия сульфамидов, фторхинолонов, нитрофуранов, пенициллинов; модификации с целью оптимизации их физиологической активности. Особенности структуры *клавулановой кислоты*. Новые мишени действия антибактериальных агентов, примеры структур их лигандов. Разработка ингибиторов компонентов токсина сибирской язвы. Антибактериальные ферменты.

Принципы создания противовирусных препаратов (на примере вирусов СПИДа, гриппа и простого герпеса). Структурные особенности лигандов различных биологических мишеней (*ацикловир*, *вирацетт*, *TIVO*, *циклические мочевины* и др.). Дизайн противовирусных пептидометиков.

Анальгетики ненаркотического действия: механизм действия и примеры структур (в том числе, полученных в результате современных исследований). *Эпibatидин* и его аналоги.

Биологические мишени и принципы создания противораковых препаратов. Структурные аналоги *таксола*, *колхицина*, *монастрола*, ингибиторов теломеразы, фарнезилтрансферазы, клеточных киназ.

II. Основы компьютерного молекулярного моделирования и QSAR как основных методов предсказания физиологической активности.

Классический QSAR.

Метод Ганча (Hansch). Понятие о константах заместителей – константы Гаммета, Тафта, липофильность (s , ρ , E_s), стерические параметры, молекулярная рефракция. Понятие о QSAR, основанном на индексных подходах. Индикаторные переменные и метод Фри-Вильсона.

Липофильность (гидрофобность) органических соединений. Роль липофильности в проявлении биоактивности. Коэффициент распределения в системе *n*-октанол-вода как характеристика липофильности, $\log P$. Основные методы расчета $\log P$ для системы *n*-октанол-вода, их принципы. Метод Лео-Ганча. Метод Реккера и его модификации, дополнительная параметризация схемы Реккера.

Подструктурные подходы к расчету липофильности. Компьютерные программы для расчета липофильности (CLOGP, SANALOGP, KLOGP, PROLOGP, KOWWIN и др.), основные принципы их работы, используемые методы; сравнение точности расчета $\log P$ с помощью различных программ.

3D-подходы к расчету липофильности. Локальная липофильность, липофильный потенциал. Учет диссоциации при расчете липофильности, pK_a , $\log D$. Соотношение липофильности и биологической активности.

Общее понятие о дескрипторах молекулярной структуры.

Понятие о молекулярных графах и инвариантах молекулярных графов. Типы дескрипторов.

Понятие о топологических индексах. Индексы Винера, Рандича, индексы молекулярной связности Кира-Холла, индексы молекулярной формы Кира, представление о других существующих топологических индексах. QSAR с использованием топологических индексов. Интерпретация топологических индексов.

Индексы, основанные на физико-химических характеристиках - атомных электроотрицательностях, зарядах, характеристиках доноров и акцепторов водородных связей, индуктивных константах и др.

Понятие о квантово-химических дескрипторах: HOMO, LUMO, индексы реакционной способности. QSAR с участием квантово-химических дескрипторов.

Подструктурные методы в QSAR, их возможности и ограничения.

Аддитивные схемы. Компьютерные программы, использующие подструктурные подходы. QSAR с применением подструктурных методов. Надструктурные подходы в QSAR. Метод Дюбуа DARC / PELCO, позиционный анализ (Маги), метод анализа топологии молекулярного поля. Проблема топологического совмещения структур. Примеры применения надструктурных подходов в QSAR.

Понятие о статистических методах, применяемых в QSAR.

Статистические критерии: коэффициент корреляции R , стандартное отклонение s , критерий Фишера F . Множественная линейная регрессия, пошаговая регрессия, переборные варианты пошаговой регрессии, методы группового учета аргументов, генетические алгоритмы, методы отбора дескрипторов, ортогональные дескрипторы, методы скользящего контроля (cross - validation), разбиение выборки на обучающую и контрольную, методы bootstrap, проблема формирования обучающей выборки.

Факторный анализ. Понятие о главных компонентах, факторный анализ, PLS (метод наименьших квадратов), кластерный анализ, SIMCA.

Дискриминантный анализ и методы распознавания образов в QSAR.

Искусственные нейронные сети.

Использование нейронных сетей в QSAR. Понятие об архитектуре сети, обучение нейросетей, методы предотвращения переучивания сети.

Понятие о молекулярном моделировании.

Молекулярная механика. Понятие о силовых полях, проблема учета электростатических взаимодействий, проблема множества локальных минимумов, методы исследования конформационного пространства: молекулярная динамика, *simulated annealing*, дистанционная геометрия. Проблема учета растворителя.

Понятие о квантовохимических методах расчета (метод Хюккеля, AM 1, PM 3, расчеты *ab initio* и DFT).

3D QSAR и построение фармакофорной модели. Подходы к молекулярному дизайну. Методы учета и описания пространственного строения молекул. 3D QSAR при неизвестном строении биологической мишени. Метод сравнительного анализа молекулярного поля (CoMFA). Проблема пространственного совмещения структур (*alignment*). Дескрипторы, применяемые в методе CoMFA. Применение метода CoMFA в анализе связи структура-активность, его достоинства и недостатки. Другие методы 3D QSAR.

3D QSAR при известном строении биологической мишени. Проблемы моделирования взаимодействия молекулы с биологической мишенью, понятие о молекулярном докинге. Взаимодействия фермент-ингибитор, рецептор-лиганд, интеркаляция в ДНК. Дескрипторы, описывающие взаимодействие молекулы с биологической мишенью и их использование в QSAR.

2D и 3D фармакофоры. Достоинства и недостатки концепции фармакофоров. Методы поиска фармакофоров. Использование фармакофоров для поиска новых классов биологически активных соединений. QSAR с применением дескрипторов, описывающих атомы фармакофора.

Методы поиска новых «соединений-лидеров»: методы *de novo* и реализующие их компьютерные программы. Молекулярный дизайн на основе известного фармакофора. Методы дизайна при известном строении биологической мишени (наращивание молекул, соединение микрофрагментов).

Обратная задача и генераторы химических структур. Понятие об обратной задаче в QSAR.

Реконструкция структур по топологическим индексам, решение задачи на примере индекса Рандича.

Генераторы химических структур.

Генерация структур из фрагментов для целей QSAR. Роль структурных ограничений в генерации, понятие о комбинаторном взрыве.

III. Синтетические подходы к получению лекарственных веществ. Аналоговый синтез.

Методы ограничения конформационной подвижности молекулы

Понятие о конформации молекулы. Вращение вокруг связей: величины и симметрия потенциальных барьеров. Факторы, определяющие энергию конформеров. Влияние эффектов сопряжения на стабильность конформеров. Угловое напряжение и другие типы

напряжения в циклических системах. Средние циклы и трансаннулярные взаимодействия. Инверсия циклов и азотсодержащих соединений.

Методы ограничения конформационной подвижности молекулы (примеры). Конформационные ограничения, стерические затруднения, гидрофобный коллапс.

Биоизостерическая замена

Эмпирические правила биоизостерической замены. Классический и неклассический биоизостеризм. Биоизостеры галогенов, гидроксила, карбоксильной группы и др. Темплаты. Подходы в определении подобия темплатов.

Необычные случаи создания аналогов.

Стратегии создания и синтеза пептидомиметиков. Пептоиды.

Пролекарства и биопредшественники. Цели и принципы создания пролекарств. Группировки-носители в пролекарствах и их направленная модификация (примеры модификации по гидрокси-, карбокси-, карбалкоксо-, amino-, imino- и амидной группам). Циклизация биопредшественников в активное вещество. Подход Бодор. Направленность действия лекарственных препаратов (адресность доставки к мишени).

Двойные лекарства (twin - drugs). Цели и пути создания, особенности строения биомишеней. Идентичные и неидентичные двойные лекарства. Примеры гибридных физиологически активных соединений.

Направленная модификация структуры лидирующего соединения на основе эмпирической структурной аналогии:

Гомологические серии. Моноалкилирование. Циклополиметилирование. Сдваивание биологически-активных центров – фармакофоров метиленовыми и открытыми полиметиленовыми цепочками (симметричные и несимметричные соединения). Биологическая активность в гомологических сериях.

Серии винилогов и бензологов. Винилология как ретранслятор химических свойств модифицируемых функциональных групп (C=C и C=N-связи, ароматические кольца, ароматические гетероциклические кольца). Синтетические методы введения групп-винилогов. Трансформация колец. Циклические и «открытые» аналоги. Реорганизация циклических систем (расширение и сужение циклов). Подходы к синтезу циклических систем.

Комбинаторные методы синтеза аналогов соединения-лидера.

Комбинаторные библиотеки, принципы их формирования. Разнообразие и подобие структур. Стратегия создания фокусированных библиотек. Твердофазный параллельный синтез, его особенности, достоинства и недостатки. Полимерные носители (примеры). Методы, используемые в твердофазном синтезе («mix and split» и другие). Жидкофазный параллельный синтез, его особенности, достоинства и недостатки. Использование полимерных реагентов, ловушек и «очистителей» в жидкофазном параллельном синтезе.

Принципы современного синтеза органических молекул с потенциальной биологической активностью и установление их строения.

Выбор оптимального пути синтеза. Основные понятия ретросинтетического анализа. Линейные и конвергентные схемы синтеза. Синтоны и синтетические эквиваленты. Защита функциональных групп. Методы введения и удаления защитных групп. Основные пути построения углеродного скелета. Методы введения важнейших функциональных групп и пути перехода от одних функций к другим.

Использование химических и физико-химических методов для установления структуры соединений. Спектроскопия ЯМР, ЭПР, колебательная и электронная спектроскопия, масс- и хромато-масс-спектрометрия. Газожидкостная и жидкостная хроматография, ионообменная и гелепроникающая хроматография, электрофорез. Рентгеноструктурный анализ и электронография. Рефрактометрия.

Методы синтеза ароматических гетероциклических соединений, как базовых структурных фрагментов большинства лекарственных веществ.

Подходы к синтезу и характерные химические реакции:

- пятичленных гетероароматических соединений с одним гетероатомом (пирролы, тиафены, фураны);
- конденсированных систем на основе пятичленных гетероароматических соединений с одним гетероатомом (индолы, изоиндолы, индолизины, бензофураны, бензотиафены);
- азолов (пиразолы, изоксазолы, изотиазолы, имидазолы, оксазолы, тиазолы);
- шестичленных гетероциклов с одним гетероатомом (пиридины, пираны);
- конденсированных шестичленных гетероциклов (хинолины, изохинолины);
- шестичленных гетероциклов с двумя гетероатомами (пиримидины) и конденсированных систем на их основе (пурины).

Стереохимические аспекты в синтезе лекарств.

Энантиомерия. Асимметрия и хиральность. Эквивалентные, энантиотопные и диастереотопные группы; их проявление в химическом поведении молекул в хиральных и ахиральных средах и спектрах ЯМР. Неуглеродные атомы как центры хиральности.

Способы получения и разделения энантиомеров. Оптическая чистота и методы ее определения. Определение абсолютной и относительной конфигурации. Понятие о дисперсии оптического вращения и круговом дихроизме.

Оптическая изомерия и физиологическая активность. Правило Пфайффера.

Методические материалы для проведения процедур оценивания результатов обучения

Кандидатский экзамен проводится по билетам, каждый из которых включает теоретические вопросы и практическое контрольное задание (ПКЗ). Для подготовки ответа аспирант (соискатель ученой степени) использует экзаменационные листы, которые сохраняются после приема экзамена в течение года. На каждого соискателя ученой степени заполняется протокол приема кандидатского экзамена, в который вносятся вопросы билетов и вопросы, заданные соискателю членами комиссии. Уровень знаний соискателя ученой степени оценивается на «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно». Протокол приема кандидатского экзамена подписывается членами комиссии с указанием их ученой степени, ученого звания, занимаемой должности и специальности согласно номенклатуре специальностей научных работников. В ходе экзамена, проводимого в форме индивидуального собеседования, оценивается степень сформированности «знаниевой» компоненты компетенции УК-2 (именно - знание методов научно-исследовательской деятельности) и ПК-14 (знание современного состояния науки в области медицинской химии). Частично сформированность умения выбирать и применять в профессиональной деятельности экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследования (ОПК-1) проверяется при выполнении ПКЗ, их оценка учитывается как одна из составляющих общей оценки экзамена кандидатского минимума.

Рабочая программа дисциплины

1. Код и наименование дисциплины **Современные концепции химии твердого тела**
2. Уровень высшего образования – подготовка научно-педагогических кадров в аспирантуре.
3. Направление подготовки 04.06.01 Химические науки. Направленность программы **Химия твердого тела**.
4. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП

Вариативная часть ООП, обязательная дисциплина, которую учащийся должен освоить для сдачи экзамена кандидатского минимума (4 семестр 2 год обучения).

5. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

Формируемые компетенции (код компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)
УК-2	З1 (УК-2) Знать методы научно-исследовательской деятельности
ОПК-1	У1 (ОПК-1) Уметь выбирать и применять в профессиональной деятельности экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследования
ПК-16	З1 (ПК-16) Знать современное состояние науки в области химии твердого тела

6. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся:

Объем дисциплины (модуля) составляет 3 зачетных единиц, всего 108 часов, из которых 54 часа составляет контактная работа аспиранта с преподавателем (32 часа - занятия лекционного типа, 20 часов – занятия семинарского типа, 2 часа - мероприятия промежуточной аттестации), 54 часа составляет самостоятельная работа аспиранта.

7. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия.

В специалитете или магистратуре должны быть освоены общие курсы «Неорганическая химия», «Коллоидная химия» и «Физическая химия», на 1-2 годах аспирантуры должны быть прослушаны спецкурсы по выбору, посвященные физико-химическим методам исследования твердофазных материалов, строению кристаллических веществ, методам синтеза материалов.

8. Образовательные технологии.

Используются следующие технологии: лекции-демонстрации и интерактивные лекции. Преподавание дисциплины проводится в форме авторских курсов по программам, которые составлены на основе результатов исследований, проведенных научными школами МГУ.

9. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических или астрономических часов и виды учебных занятий

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе								
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них						Самостоятельная работа обучающегося, часы из них		
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Групповые консультации	Индивидуальные консультации	Учебные занятия, направленные на проведение текущего контроля успеваемости коллоквиумы, практические контрольные занятия и др)*	Всего	Выполнение домашних заданий	Подготовка рефератов и т.п..	Всего
Раздел 1. Разработка новых методов синтеза и дизайн новых твердофазных материалов	32	10	8	-	-	-	18	-	14	14
Раздел 2. Исследование твердофазных химических реакций, топочимических реакций, динамики и диффузии молекул, ионов и атомов в твердофазных соединениях и материалах	20	8	4	-	-	-	12	-	8	8
Раздел 3. Исследование	20	8	4	-	-	-	12	-	8	8

пространственного и электронного строения твердофазных соединений и материалов, структуры и динамики дефектов, в том числе с привлечением квантово-химического описания										
Раздел 4. Использование современных методов исследования для установления взаимосвязи между составом, строением и свойствами твердофазных веществ и материалов, в том числе для нанокристаллических и наноструктурированных объектов	16	6	4	-	-	-	10	-	6	6
Промежуточная аттестация экзамен кандидатского минимума	20		2					18		
Итого	108	32	20				54			54

10. Учебно-методические материалы для самостоятельной работы аспирантов.

Аспирантам предоставляется программа курса, план занятий и перечень заданий для самостоятельной работы. По теме каждой лекции указывается материал в источниках из списков основной и вспомогательной литературы, а также из интернет-ресурсов. Аспирантам предоставляется также программа-минимум кандидатского экзамена, список дополнительных экзаменационных вопросов и примеры контрольных заданий, предлагаемые на экзамене.

11. Ресурсное обеспечение:

- Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная литература

1. А.В.Кнотько, И.А.Пресняков, Ю.Д.Третьяков. Химия твердого тела. М: Академия, 2006.
2. Третьяков Ю.Д, Путляев В.И. Введение в химию твердофазных материалов. М.: Наука, 2006. Степанов Н.Ф. Квантовая механика и квантовая химия. М.: Мир, Изд-во МГУ . 2001.
3. Вест А. Химия твердого тела. Теория и приложения. В 2 частях. М.: Мир, 1988.
4. Ч.Н.Р. Рао, Дж. Гопалакришнан. Новые направления в химии твердого тела. Новосибирск. 1990.-520с.
5. Ю.Д. Третьяков. Твердофазные реакции. М. 1978.
6. Р. Драго. Физические методы в химии М. Мир, 1981
7. Ф. Креггер. Химия несовершенных кристаллов М., Мир, 1969.
8. В.И. Фистуль. Физика и химия твердого тела. М. 1995. т.1 -480с.. т.2 -320с.

Дополнительная литература

1. И.П. Суздаев. НАНОТЕХНОЛОГИЯ. Физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов. Москва 2005.
2. В.Б. Фенелонов. Введение в физическую химию формирования супрамолекулярной структуры адсорбентов и катализаторов. Новосибирск, 2002.
3. А.А. Елисеев, А.В. Лукашин. Функциональные наноматериалы. М.: Физматлит, 2010
4. А.И. Гусев. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. М.: Физматлит, 2009
5. А. Уэллс. Структурная неорганическая химия М. Изд. Мир т.1-3, 1987- 1988 гг.
6. П.В. Ковтуненко. Физическая химия твердого тела. Кристаллы с дефектами. М.1993.-352с.
7. В.М. Жуковский, А.Н. Петров. Введение в химию твердого тела. Свердловск.1978.-117с.
8. В.Н.Чеботин. Физическая химия твердого тела. М., «Химия», 1982.
9. В.А. Губанов, Э.З. Курмаев, А.Л. Ивановский. Квантовая химия твердого тела. М. 1984. -304с.
10. В.М. Смирнов. Химия наноструктур. Синтез, строение, свойства. СПб. 1996.105с.
11. А. Фельц. Аморфные и стеклообразные неорганические твердые тела. М. 1986.-558с.

Периодическая литература

Журналы «Успехи химии», «Журнал неорганической химии», «Неорганические материалы», «Кристаллография», «Известия РАН. Серия химическая», «Доклады Академии наук. Серия химия», «Журнал структурной химии», Journal of Solid State Chemistry, Materials Chemistry, Mendeleev Communications, Scientific Reports, Journal of Materials Chemistry, Journal of Alloys and Compounds, Inorganic Chemistry, European Journal of Inorganic Chemistry, Chemistry - A European Journal, Journal of Crystal Growth, Thin Solid Films.

- Перечень используемых информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса, включая программное обеспечение, информационные справочные системы (при необходимости):

Используются следующие технологии: проблемно-ориентированные лекции, лекции-демонстрации, интерактивные лекции. Лекции читаются ведущими учеными Московского университета и приглашенными профессорами – российскими и зарубежными учеными с мировым именем, специализирующимися в области современной химии твердого тела

- Описание материально-технической базы.

Лекции проводятся в аудитории, оснащенной мультимедийным оборудованием.

Вспомогательный материал в виде презентаций доступен аспирантам на сайте

1. http://www.inorg.chem.msu.ru/index_r.php?topic=asp

2. http://www.inorg.chem.msu.ru/index_r.php?topic=col

12. Язык преподавания - русский

13. Преподаватели.

ведущий научный сотрудник, доктор химических наук Кузнецов Алексей Николаевич, e-mail Alexei@inorg.chem.msu.ru, тел. (495)9395502 д.х.н., профессор Кауль Андрей Рафаилович, e-mail kaul@inorg.chem.msu.ru, тел. (495)9391492

Оценочные средств, необходимые для оценки результатов обучения

1. Планируемые результаты обучения для формирования компетенций п.5 и соответствующие им критерии оценивания приведены в Приложении 8.

2. ПРОГРАММА-МИНИМУМ кандидатского экзамена по специальности 02.00.21 «Химия твердого тела» по химическим, физико-математическим и техническим наукам

Введение

Настоящая программа охватывает основополагающие разделы химии твердого тела, основы кристаллического и электронного строения твердых веществ, их реакционную способность, методы синтеза и исследования.

Программа разработана экспертным советом Высшей аттестационной комиссии по химии (по неорганической химии) при участии Московского Государственного университета имени М.В.Ломоносова.

1. Общие положения

Специфика химии твердого состояния как раздела химической науки. Общие отличия строения и свойств твердых веществ от газов и жидкостей. Классификация твердых веществ. Кристаллические твердые тела. Монокристаллическое, поликристаллическое и нанокристаллическое состояния твердых веществ. Однофазные и гетерофазные кристаллические тела. Аморфные твердые вещества.

Стекла. Некристаллические наночастицы. Микро и мезопористые твердые тела. Жидкие кристаллы. Значение химии твердого состояния для материаловедения и химической технологии.

2. Строение твердых веществ

Строение кристаллических твердых веществ. Понятие о симметрии кристаллической решетки. Кристаллографические пространственные группы симметрии. Выбор и типы элементарных ячеек. Молекулярные кристаллы. Кристаллы с ионными и ковалентными решетками. Правила Полинга. Металлы и сплавы. Интерметаллические соединения. Кристаллы с участием водородных и ван-дер-Ваальсовых связей. Супрамолекулярные образования. Размеры атомов или ионов. Координационные числа.

Способы организации структур. Структуры с гексагональной и кубической плотнейшими упаковками. Тетрагональная упаковка. Дефекты упаковок, политипизм. Полиэдрическое описание кристаллических структур. Изоморфизм.

Некоторые наиболее важные структурные типы. Структуры каменной соли (NaCl) и хлорида цезия (CsCl), сфалерита и вюрцита (ZnS), флюорита (CaF_2) и антифлюорита (Na_2O). Структурные типы арсенида никеля (NiAs), иодида кадмия (CdI_2) и рутила (TiO_2). Структурные типы перовскита (CaTiO_3) и шпинели (MgAl_2O_4). Соединения со слоистой структурой. Общие сведения о структурах силикатов и алюмосиликатов. Соединения внедрения и клатраты. Органические кристаллические структуры.

Твердые растворы замещения, внедрения и вычитания. Изовалентное и гетеровалентное замещение. Нестехиометричные соединения.

Структура аморфных твердых тел. Функция радиального распределения. Нерегулярные плотнейшие упаковки. Описание аморфных структур в полиэдрах. Кластерная модель. Стеклообразное состояние вещества. Факторы, влияющие на стеклообразование. Кинетическая природа стеклообразования. Ближний порядок. Структурные единицы. Топология сочленения структурных единиц на примере кварцевого стекла.

Структура квазикристаллов. Несоразмерные структуры. Структура жидких кристаллов.

3. Химическая связь и электронное строение твердых веществ

Типы химической связи в твердом теле. Ван-дер-Ваальсово взаимодействие в молекулярных кристаллах, клатраты. Ионная модель строения кристаллов, константа Моделунга, энергия ионной решетки. Цикл Борна-Габера и термодимические расчеты.

Основы теорий кристаллического поля и поля лигандов применительно к твердым телам. Влияние d-электронов. Энергия стабилизации кристаллическим полем и катионное распределение. Эффект Яна-Теллера. Сравнение тетраэдрического и октаэдрического окружений. Эффект неподеленных электронных пар.

Зонная структура кристаллов. Образование зон в результате перекрывания орбиталей. Уровень Ферми. Химический потенциал. Заселенность зон, ее влияние на электрофизические свойства кристаллов. Валентная зона, запрещенная зона, зона проводимости. Металлы и диэлектрики. Собственные и примесные полупроводники. Электронная и дырочная проводимость. Общие представления о методах расчета зонной структуры кристаллов. Границы применимости зонной модели.

Цепочечные структуры и одномерная проводимость. Двумерные проводники и интеркаляты. Пайерлсовское искажение.

Слабые невалентные взаимодействия в твердых супрамолекулярных образованиях. Наноструктуры, объемные кластеры.

4. Реальная структура кристаллов

Совершенные и несовершенные кристаллы. Типы дефектов. Электронные дефекты. Собственные точечные дефекты. Термодинамические причины образования точечных дефектов. Дефектообразование и нестехиометрия кристаллов. Дефекты по Шоттки и Френкелю. Примесные точечные дефекты. Нейтральные и заряженные точечные дефекты. Квазихимическая модель описания равновесия точечных дефектов. Взаимодействие точечных дефектов. Ассоциаты дефектов. Центры окраски. Взаимосвязь концентрации примесей и собственных точечных дефектов. Влияние точечных дефектов на свойства неорганических веществ. Методы создания неравновесных концентраций точечных дефектов: закалка, механическое и радиационное воздействие.

Подвижность точечных дефектов. Диффузия и самодиффузия в твердых телах. Основные механизмы самодиффузии. Коэффициент диффузии, энергия активации диффузии. Диффузия, обусловленная градиентом концентраций, законы Фика. Диффузия точечных дефектов в электрическом поле. Уравнение Нернста-Эйнштейна. Методы исследования диффузии. Ионная проводимость. Подвижность, числа переноса. Температурная зависимость ионной проводимости. Собственная и примесная проводимость. Суперионные проводники (твердые электролиты).

Твердые тела со структурной разупорядоченностью. Протяженные дефекты. Структуры кристаллографического сдвига. Дефекты упаковки. Границы блоков и антифазные домены (границы). Гетерогенные включения. Нейтральные и заряженные протяженные дефекты. Дислокации в кристаллах, основные виды. Причины возникновения дислокаций. Движение дислокаций. Влияние дислокаций на свойства кристаллов. Экспериментальные методы исследования дислокаций.

Поверхность как дефект строения твердого тела. Поверхностная энергия кристалла. Искажение структуры и электронного строения в приповерхностных слоях. Роль поверхности в химических реакциях твердых тел. Роль соотношения объем-поверхность в свойствах твердых тел. Общие особенности химии твердых наноразмерных частиц. Экспериментальные методы изучения поверхности.

5. Фазовые переходы в твердых веществах

Термодинамическая классификация фазовых переходов. Стабильные и метастабильные фазы. Представление фазовых переходов на диаграммах состояния. Структурные изменения при фазовых переходах. Изменения структуры с ростом температуры и давления. Мартенситные превращения. Механизмы фазовых переходов. Кинетика фазовых переходов. Скорость зародышеобразования. Общая скорость превращения, уравнение Аврами. Факторы, влияющие на кинетику фазовых переходов. Мартенситные превращения. Переходы типа порядок-беспорядок.

Несоразмерные фазы. Жидкокристаллическое состояние. Некристаллическое состояние и фазовые переходы в стеклах.

6. Химические реакции твердых веществ

Термодинамические оценки возможности прохождения химических реакций с участием твердых тел. Общие закономерности скорости гетерогенных химических процессов с участием твердых тел. Элементарные кинетические стадии процессов. Роль массопереноса. Процессы, лимитируемые диффузионными и кинетическими стадиями. Роль зародышеобразования в процессах, сопровождающихся образованием твердых продуктов. Термодинамика формирования новой фазы. Критическое пересыщение, критический размер зародыша. Кинетика образования и роста зародышей.

Классификация химических гетерогенных процессов с участием твердых фаз. Термическое разложение твердых фаз с образованием продуктов в различных фазовых состояниях. Распад твердых растворов по спинодальному механизму и механизму роста зародышей. Реакции твердая фаза - твердая фаза, твердая фаза - газ, твердая фаза - жидкость. Примеры. Кинетические особенности процессов в каждом случае.

Основные факторы, влияющие на реакционную способность твердых тел. Роль примесей и дефектов. Химические реакции на поверхности. Методы управления развитием процессов с участием твердых тел. Нетермические способы повышения реакционной способности твердых тел: фотохимические, радиационно-химические, механические и др.

7. Методы синтеза твердых веществ

Термодинамические основы синтеза твердых веществ. Р-Т-х фазовые диаграммы двухкомпонентных систем как геометрическое представление термодинамических данных. Правило фаз Гиббса. Работа с проекциями и сечениями Р-Т-х диаграмм. Основные типы конденсированных фазовых диаграмм двухкомпонентных систем: с простой эвтектикой, с образованием конгруэнтно и инконгруэнтно плавящихся промежуточных соединений, с расслаиванием в жидкой фазе, с неограниченными и ограниченными твердыми растворами, с полиморфизмом компонентов и соединений. Конденсированные диаграммы трехкомпонентных систем. Фазовые равновесия в субсолидусной области. Использование фазовых диаграмм для выбора условий синтеза.

Синтез путем твердофазных реакций. Основные термодинамические и кинетические закономерности. Экспериментальное осуществление, роль температуры. Методы интенсификации твердофазных процессов: диспергирование исходных веществ, методы химической гомогенизации. Совместное соосаждение компонентов из растворов. Криохимический синтез и распылительная сушка. Кристаллизация из гелей. Золь-гель процесс. Механохимическое стимулирование твердофазных процессов. Основные закономерности и возможности механохимических процессов. Саморазвивающийся высокотемпературный синтез. Твердофазный синтез при высоких давлениях.

Кристаллизация из растворов и расплавов. Использование фазовых диаграмм. Кривые растворимости. Основные кинетические закономерности. Особенности зародышеобразования. Возможность образования метастабильных фаз. Политермические и изотермические процессы синтеза. Экспериментальное оформление. Методы электрохимического синтеза.

Кристаллизация из паровой фазы. Основные термодинамические и кинетические закономерности. Процессы сублимации-конденсации. Управление составом внутри области гомогенности отжигом в паре компонентов. Синтез и очистка веществ с помощью химических транспортных реакций в паровой фазе. Теоретические основы, основные закономерности и возможности.

Гидротермальные методы синтеза твердых веществ. Применение различных физических (ультразвукового, микроволнового и др.) воздействий при синтезе твердофазных веществ.

Выращивание монокристаллов. Общие кинетические особенности. Механизмы роста кристаллов. Выращивание из расплавов и растворов. Методы Чохральского и Бриджмена-Стокбаргера. Зонная плавка. Рост из «раствора в расплаве». Выращивание из газовой фазы. Газоплазменный метод Вернейля.

Получение твердых веществ в виде тонких слоев и пленок. Поликристаллические и эпитаксиальные пленки. Физические методы: лазерная абляция, магнетронное распыление, электронно-лучевое испарение. Химическое осаждение из паровой фазы, использование гидридов, галогенидов, металл-органических соединений. Метод молекулярного наслаивания. Получение пленок из растворов и расплавов. Жидкофазная эпитаксия. Электрохимическая кристаллизация пленок и покрытий.

Керамика. Основные закономерности и способы спекания. Способы получения твердых аморфных веществ и стекол. Методы получения твердых фаз в наноразмерном состоянии.

8. Методы исследования твердых веществ

Методы изучения кристаллического строения твердых тел. Дифракция рентгеновских лучей. Закон Брэгга, расчет межплоскостных расстояний. Метод порошка, научные основы и применение. Метод Гинье. Индицирование рентгенограмм. Идентификация веществ по рентгенограммам, рентгенофазовый анализ. Общие представления о структурном анализе по порошковым данным. Метод Ритвельда. Рентгенографическое исследование монокристаллов, общие представления о ходе структурного анализа. Получение структурных данных с помощью электронной и нейтронной дифракции. Особенности и возможности методов.

Другие методы изучения строения твердых веществ. Кристаллооптический анализ. Электронная микроскопия: принципы и возможности сканирующей электронной микроскопии, туннельной электронной микроскопии, электронной микроскопии высокого разрешения. Спектральные методы: колебательная спектроскопия, ИК- и КР- спектры; спектроскопия видимого излучения и УФ-спектроскопия; спектроскопия ядерного магнитного резонанса (ЯМР), ядерного квадрупольного резонанса (ЯКР) и электронного парамагнитного резонанса (ЭПР); ядерная γ -резонансная (мессбауэровская) спектроскопия.

Методы определения химического состава. Химический элементный анализ. Рентгенофлуоресцентный анализ. Локальный рентгеноспектральный анализ, масс-спектрометрические методы, атомноэмисионная спектроскопия.

Методы исследования поверхности. Оже -электронная спектроскопия, РФЭС, обратное резерфордское рассеяние. Методы исследования ближнего окружения атомов. Рентгеновская абсорбционная спектроскопия (EXAFS, XANES).

Исследования термических свойств веществ. Термогравиметрический анализ. Дифференциально-термический анализ и дифференциальная сканирующая калориметрия.

Методы исследования электрических и магнитных свойств.

9. Твердофазные материалы

Классификация твердофазных материалов по функциональным свойствам.

Ионная проводимость и твердые электролиты. Суперионные проводники. Катионные проводники. Кислород-ионные проводники. Галогенид-ионные проводники. Применение твердых электролитов (источники тока, топливные элементы, химические датчики).

Полупроводники. Классификация полупроводниковых материалов. Элементарные полупроводники, германий и кремний. Полупроводниковые соединения A^3B^5 и A^2B^6 . Кристаллохимические особенности. Арсенид галлия. Нитрид галлия. Химические основы легирования полупроводников. Гетероструктуры и сверхрешетки. Основные области применения полупроводников.

Диэлектрики. Химическая и физическая природа диэлектриков. Наведенная и спонтанная поляризация. Сегнетоэлектрики, пьезоэлектрики и пьезоэлектрики. Примеры. Области применения сегнетоэлектриков, пьезоэлектриков и пьезоэлектриков.

Магнитные материалы. Функциональные параметры. Классификация магнитных материалов, основные структуры и свойства (металлы и сплавы, оксиды переходных металлов, шпинели, гранаты, перовскиты, гексаферриты). Области применения, взаимосвязь структуры и свойств. Материалы с эффектом гигантского (ГМС) и колоссального (КМС) магнитного сопротивления.

Оптические материалы. Люминесцентные материалы и люминофоры. Фосфоресцирующие материалы. Твердотельные источники лазерного излучения (рубиновый и неодимовый лазеры). Нелинейные оптические материалы. Основные области применения.

Сверхпроводящие материалы. Традиционные (металлы и интерметаллиды) и высокотемпературные (оксиды) сверхпроводники. Взаимосвязь состав-структура-свойство для высокотемпературных сверхпроводников на основе купратов. Области и перспективы применения.

Тугоплавкие материалы. Металлы и сплавы, оксиды, карбиды, бориды, нитриды, силициды. Композиционные материалы, их классификация и методология создания. Металлсодержащие композиционные материалы.

Аморфные материалы и стекла. Факторы, влияющие на стеклообразование. Оксидные и халькогенидные стекла. Электропроводящие стекла. Металлические стекла. Стеклокерамика. Ситаллы. Различные области применения стекол. Жидкие кристаллы.

Органические функциональные материалы. Основные типы и области применения. Биоматериалы.

Примеры ПКЗ.

Задание 1.

Используя Р-Т-х фазовую диаграмму определите условия получения монокристаллов полупроводникового соединения р- или n-типа проводимости. Предложите методы определения фазового состава, химического состава, распределения элементов по объему кристаллов, типа, концентрации и подвижности носителей заряда.

Задание 2.

Предложите алгоритм синтеза из жидкой фазы нанокристаллического оксидного материала с заданными параметрами микроструктуры. Укажите какие стадии этого процесса определяют параметры микроструктуры. Обоснуйте выбор параметров синтеза: температуры, давления, пересыщения, состава реагентов. Предложите методы экспериментального определения параметров микроструктуры, укажите необходимые справочные данные программное обеспечение.

Задание 3.

Проведите термодинамическую оценку возможности протекания твердофазной реакции. Предложите экспериментальное оформление для ее осуществления. Предложите подходящий метод интенсификации твердофазного процесса.

Методические материалы для проведения процедур оценивания результатов обучения

Кандидатский экзамен проводится по билетам, каждый из которых включает теоретические вопросы и практическое контрольное задание (ПКЗ). Для подготовки ответа аспирант (соискатель ученой степени) использует экзаменационные листы, которые сохраняются после приема экзамена в течение года. На каждого соискателя ученой степени заполняется протокол приема кандидатского экзамена, в который вносятся вопросы билетов и вопросы, заданные соискателю членами комиссии. Уровень знаний соискателя ученой степени оценивается на «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно». Протокол приема кандидатского экзамена подписывается членами комиссии с указанием их ученой степени, ученого звания, занимаемой должности и специальности согласно номенклатуре специальностей научных работников. В ходе экзамена, проводимого в форме индивидуального собеседования, оценивается степень

сформированности «знаниевой» компоненты компетенции УК-2 (именно - знание методов научно-исследовательской деятельности) и ПК-16 (знание современного состояния науки в области современной химии твердого тела). Частично сформированность умения выбирать и применять в профессиональной деятельности экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследования (ОПК-1) проверяется при выполнении ПКЗ, их оценка учитывается как одна из составляющих общей оценки экзамена кандидатского минимума.

Рабочая программа дисциплины

1. Код и наименование дисциплины **«Физико-химические методы изучения структуры и функций биологических систем»**
2. Уровень высшего образования – подготовка научно-педагогических кадров в аспирантуре.
3. Направление подготовки 04.06.01 Химические науки. Направленность программы **Биотехнология (в том числе, бионанотехнология)**.
4. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП
Вариативная часть ООП, обязательная дисциплина для специальности «БИОТЕХНОЛОГИЯ», которую учащийся должен освоить для сдачи экзамена кандидатского минимума (4 семестр 2 год обучения).
Курс по выбору для специальностей «БИОХИМИЯ», «КИНЕТИКА И КАТАЛИЗ», который учащийся может освоить на выбор из списка предложенных в период обучения, отмеченный в базовом учебном плане, в течение 1 или 2 года обучения, во 2 или 3 семестре (по выбору аспиранта)
5. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

Формируемые компетенции (код компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)
УК-2	31 (УК-2) Знать методы научно-исследовательской деятельности
ОПК-1	У1 (ОПК-1) Уметь выбирать и применять в профессиональной деятельности экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследования
ПК-17	31 (ПК-17) Знать современное состояние науки в области биотехнологии

6. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся:
Объем дисциплины (модуля) составляет 3 зачетных единиц, всего 108 часов, из которых 90 часов составляет контактная работа аспиранта с преподавателем (36 часа - занятия лекционного типа, 18 часов занятия семинарского типа 4 часов групповые консультации, 4 часов мероприятия текущего контроля успеваемости, 6 мероприятия промежуточной аттестации), 18 часов составляет самостоятельная работа аспиранта.

7. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия.

В специалитете или магистратуре должны быть освоены общие курсы «Физическая химия», «Математический анализ», «Аналитическая химия» и «ХОБП», «Биотехнология и прикладная биохимия».

8. Образовательные технологии.

Используются следующие технологии: лекции-демонстрации и интерактивные лекции. Преподавание дисциплин проводится в форме авторских курсов по программам, которые составлены на основе результатов исследований, полученных научными школами МГУ.

9. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических или астрономических часов и виды учебных занятий

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе								
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них						Самостоятельная работа обучающегося, часы из них		
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Групповые консультации	Индивидуальные консультации	Учебные занятия, направленные на проведение текущего контроля успеваемости коллоквиумы, практические контрольные занятия и др)*	Всего	Выполнение домашних заданий	Подготовка рефератов и т.п..	Всего
Раздел 1. Физико-химические методы исследования биополимеров	84	36	18	4	6	4	64	10	8	18
Промежуточная ат-	24		6					18		

тестация экзамен кандидатского мини- мума										
Итого	108	36	18	4	6	4	70			18

10. Ресурсное обеспечение:

- Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная литература

1. Шульц, Ширмер. Принципы структурной организации белков.
2. А. Ленинджер. Биохимия.
3. Страйер. Основы биохимии.
4. Серия Биотехнология, книга 7. Имобилизованные ферменты.
5. Кудряшова Е.В. Функционирование и структура белков на поверхностях раздела фаз. Новые методы исследования. 2013. Изд-во «Palmarium Academic Publishing» AV Akademikerverlag GmbH & Co., KG. Germany.
6. Lakowicz J.R. // Principles of Fluorescence Spectroscopy (2-nd Ed.). N.Y.: Plenum Press 1999.
7. Дж.Лакович «Основы флуоресцентной спектроскопии» «Мир», Москва, 1979
8. R.Hagland Handbook of fluorescent probes and research chemicals. Molecular Probes, Inc. <http://www.probes.com>
9. Кудряшова Е.В. « Функционирование и структура белков на поверхности раздела фаз» Palmarium Academic Publishing, 2013

Дополнительная литература

1. Mendelsohn R., Flach C.R. Infrared reflection-absorption spectroscopy of lipids, peptides, and proteins in aqueous monolayers // Current Topics in Membranes, 2002, Vol. 52, 57-88
2. Кудряшова Е.В., Гладилин А.К., Левашов А.В. Белки (ферменты) в надмолекулярных ансамблях: исследование структурной организации методом разрешенно-временной анизотропии. // Усп. биол. химии. 2002. Т. 42. С. 257–294.
3. Manning MC. Use of infrared spectroscopy to monitor protein structure and stability. // Expert Rev Proteomics. 2005 2(5):731-43. Review

- Описание материально-технической базы.

Лекционные занятия проводятся в специально оборудованных аудиториях.

(к.202, 102Б 204 кафедры химической энзимологии). Вспомогательный материал в виде презентаций доступен студентам

12. Язык преподавания - русский

13. Преподаватели: д.х.н. проф. Савицкий А.П., д.х.н. доц. Кудряшова Е.В., к.х.н. Левашов П.А., д.х.н. проф. Курочкин И.Н.

Фонды оценочных средств, необходимые для оценки результатов обучения

1. Планируемые результаты обучения для формирования компетенций п.5 и соответствующие им критерии оценивания приведены в Приложении 8.

2. ПРОГРАММА-МИНИМУМ кандидатского экзамена по специальности **03.00.04 «Биотехнология»** по химическим наукам

Введение

В основу настоящей программы положены следующие дисциплины: учение о строении вещества, химическая термодинамика, теория поверхностных явлений, учение об электрохимических процессах, теория кинетики химических реакций и учение о катализе. Программа разработана экспертным советом Высшей аттестационной комиссии по химии при участии Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова.

I. Аналитическая биотехнология

Аналитической биотехнологией называют совокупность технологий и методов, которые обеспечивают исследования и проведение различного сорта измерений в следующих областях:

- геномика,
- протеомика,
- исследование метаболизма,
- поиск новых лекарственных препаратов,
- скрининг, анализ структуры и функционального поведения биомакромолекул (ДНК, РНК, белки) и микроорганизмов
- скрининг, анализ структуры и функционального поведения низкомолекулярных метаболитов и физиологически активных веществ,
- создание аналитических платформ на основе иммобилизованных и стабилизированных форм биомакромолекул, клеточных органелл, целых клеток и тканей,
- создание неинвазивных технологий для анализа сложных смесей молекул и организмов.

Аналитическая биотехнология – мультидисциплинарная область. Основные методы и подходы.

- Аналитическая спектроскопия (ЯМР, флуоресцентная и др.).
- Масс-спектрометрия.

- Хроматография.
- Капиллярный электрофорез.
- Высокоскоростные лабораторные методы забора и разделения проб, аликвотирования, качественного и количественного анализа.
- Быстрое типирование и расшифровка последовательности биомакромолекул.
- Биосенсорные технологии (основные типы детекторов и элементов «селекторов»).
- Флуоресцентные зонды, «квантовые точки».
- Хемолюминесценция.
- Клиническая биохимия, экологический мониторинг (традиционные методы, автоматизация анализа, миниатюризация анализа, концепции «лаборатория на чипе» и «у постели больного»).
- Традиционные методы иммуноанализа.
- Новые платформы иммуноанализа (тестовые полоски, иммуночипы).
- Методы ПЦР (традиционные подходы, on line ПЦР, ПЦР на чипе).
- Биочипы (МАГИК-чип (Матрица Гель-Иммобилизованных Компонентов на микрочипе), биочипы на основе жидких кристаллов ДНК, анализ на основе аптамерной ДНК, «клетка на чипе», «лаборатория на чипе»).
- Конфокальная микроскопия.
- Сканирующая зондовая микроскопия.
- Микрофлюидные технологии.
- Иммобилизация биомакромолекул, клеточных органелл и целых клеток.
- Методы анализа сложных смесей («биоэлектронный нос», «биоэлектронный язык», нейросетевые алгоритмы, кластерный анализ).

II. Пищевая биотехнология.

Пищевое сырьё, структура и химический состав. Химические изменения в процессе хранения и обработки пищевого сырья. Ферментативные методы анализа пищевых продуктов. Процессы (био)предобработки и ферментации растительного и животного сырья. Пищевые добавки, биологически активные добавки (БАД). Заменители (белков, жиров и углеводов) в производстве продуктов питания. Нетрадиционные источники питания.

III. Иммобилизованные ферменты

1. Иммобилизованные ферменты: определение и основные преимущества при использовании в биотехнологических процессах.
2. Носители для иммобилизации ферментов. Общая классификация. Полисахариды и белки как природные полимерные органические носители. Представление о других типах органических носителей. Силикагели, алюмосиликаты, уголь, оксиды металлов и другие неорганические носители. Основные преимущества и недостатки носителей различной природы, критерии подбора носителя.
3. Активация носителей - введение электрофильной группировки, доступной для взаимодействия с ферментом. Основные группы носителей, используемые для активации. Приемы активации гидроксильных, amino и карбоксильных групп.

4. Химическая иммобилизация. Принципы конструирования систем с химически иммобилизованными ферментами. Критерии выбора групп в составе фермента для взаимодействия с активированным носителем. Примеры химических реакций между группами активированного носителя и фермента. Область применения химически иммобилизованных ферментов.
5. Физическая иммобилизация. Основные типы биокаталитических систем: ферменты, абсорбированные на твердых носителях, фермент содержащие гели, системы с полупроницаемыми мембранами, двухфазные системы «жидкость-жидкость». Способы приготовления, преимущества и недостатки систем разных типов. Область применения физически иммобилизованных ферментов.
6. Кинетические закономерности катализа иммобилизованными ферментами. Эффекты распределения субстрата. Представление о кинетическом и диффузионном режимах. Внешне- и внутридиффузионные ограничения, экспериментальные подходы к выявлению типа диффузионных ограничений. Эффекты распределения и ограничения диффузии прочих компонентов (на примере протонов) в системе с иммобилизованным ферментом.
7. Стабильность ферментов. Представление об обратимой денатурации и необратимой инактивации белков. Основные механизмы инактивации. Стабилизация ферментов и белков других классов путем иммобилизации.
8. Примеры эффективного использования препаратов иммобилизованных ферментов в различных областях науки и производства: пищевой промышленности, медицине, химическом анализе, защите окружающей среды.

III. Экологическая биотехнология.

1. Что такое экологическая биотехнология и ее положение в современной биотехнологии.
2. Краткий экскурс в историю экологической биотехнологии.
3. Значимость биотехнологических методов для защиты окружающей среды в современном обществе. Глобальные экологические проблемы.
4. Основополагающие понятия, используемые в области защиты окружающей среды. Классификация основных типов загрязнений и методов, применяемых для их конверсии, удаления или предотвращения
5. Роль биотехнологии в экологическом мониторинге и создании новых высокочувствительных методов анализа загрязнений.
6. Биотехнологические методы обработки сточных вод. Удаление из них соединений углерода, азота, фосфора, серы и тяжелых металлов.
7. Биотехнологические методы обработки и утилизации твердых отходов: бытовых, промышленных и сельскохозяйственных
8. Биоремедиация почв, загрязненных нефтью, тяжелыми металлами, ксенобиотиками.
9. Обессеривание природного газа, угля и нефти
10. Возможностями экологической биотехнологии в области замещения ископаемых топлив на возобновляемые источники энергии биологической происхождения – биомассу, биогаз, этанол, водород и др.
11. Современное состояние в области микробиологических методов повышения нефтеотдачи и выделения металлов из низкоконцентрированных руд и сточных вод.
12. Экологическая биотехнологии как мощный инструмент интенсификации, экологизации и революционизации традиционных технологий
13. Краткий обзор перспектив биотехнологических методов для защиты окружающей среды.

Нанобиотехнология

Нанобиотехнология это мультидисциплинарная область, объединяющая достижения физики, химии, биологии, инженерных наук и медицины. Нанобиотехнология изучает процессы, включающие в себя использование биоматериалов, приборов и методологий с размеров функциональных компонент в диапазоне между размерами молекул и длинами волн видимого света (0,1 – 600 нм). Основные направления исследований связаны с:

- исследованием явлений самосборки и самоорганизации биомолекул, клеточных мембран, вирусов с целью использования в производстве и создания наноструктур,
- исследованием возможностей применения достижений нанотехнологии для изучения биосистем и создания новых биоаналитических платформ.

Основы нанотехнологии. Физические основы нанотехнологии. Наноструктурированные материалы. Тонкие пленки. Наночастицы (нанотрубки, квантовые точки, фуллерены, фуллериты).

Нанобиосенсоры

Нанофлюидики

Наносборка, нано- и микроэлектромеханические системы (НЭМС и МЭМС)

Клеточная и тканевая инженерия

Нанофотоника (взаимодействие света с биологически активными наноструктурами)

Зондовая микроскопия

Молекулярные «моторы», наноразмерная биомеханика

Концепция «лаборатория на чипе»

Нанофармацевтика

Нанобиоэлектроника и биомолекулярная электроника

Иммунобиотехнология

Основы иммунологии, иммунохимии и иммунобиотехнологии. Два исторических этапа иммунологии –классическая и современная. Зарождение экспериментальной иммунологии. Работы Дженнера, Эрлиха, Беринга, Мечникова, Пастера. Компоненты крови (клеточные элементы, плазма, сыворотка). Способы защиты организма против чужеродных веществ. Фагоцитоз, система комплемента, клетки киллеры. Клетки крови (гранулоциты, моноциты, лимфоциты). Т- и В-клетки, продуцирование антител, иммунологическая память. Антигены. Лимфатическая система и селезенка. Клетки миеломы и гибридомы. Моноклональные антитела. Получение моноклональных антител. Структура и функции иммуноглобулинов. Классы антител. Трехмерная структура иммуноглобулинов. Области связывания антигенов. Получение иммунной сыворотки и очистка антител. Иммуносорбенты. Области применения моноклональных антител. Вакцины. Методы иммунохимического анализа. Реакция радиальной иммунодиффузии по Манчини. Реакция преципитации. Реакция кольцепреципитации. Иммуноэлектрофорез. Реакция агглютинации и реакция гемагглютинации. Методы иммунохимического анализа, основан-

ные на введении в молекулы антител или антигенов различных меток. Радиоиммунологический анализ (достоинства и недостатки). Иммуноферментный анализ. Общая классификация методов иммунохимического анализа с использованием меченых реагентов. Физико-химические закономерности взаимодействия антиген-антитело. Иммунологическая специфичность, методы определения аффинности антител. Авидность. Способы определения кинетических констант взаимодействия антиген-антитело. Методы иммуноферментного анализа (ИФА). Классификация гетерогенных и гомогенных методов ИФА. Сравнительная оценка различных схем проведения ИФА. Получение и свойства иммобилизованных антител и антигенов. Методы получения конъюгатов для иммуноферментного анализа (синтез конъюгатов гаптен-носителей для получения антител, получение конъюгатов фермент-белок, гаптен-фермент). Нековалентные способы введения ферментной метки. Теоретические основы гетерогенного и гомогенного методов ИФА. Оценка пределов обнаружения веществ с использованием конкурентного и неконкурентного вариантов проведения анализа. Технология производства наборов реагентов для ИФА. Проточные методы иммунохимического ИФА. Новые направления в развитии методов иммуноанализа.

Медицинская биотехнология

- I. Основы антибиотикотерапии.
- II. Энзимотерапия, транспортные и регуляторные белки:
 - 1) заместительная терапия;
 - 2) тромболитическая и антифибринолитическая терапия
 - 3) противоопухолевая терапия;
 - 4) наружное применение.
- III. Генотерапия и антисмысловая терапия.
- IV. Системы доставки лекарственных средств:
 - 1) водорастворимые полимерные конъюгаты;
 - 2) полимерные комплексы;
 - 3) искусственные клетки, микро и наночастицы, микро и нанокапсулы, полимерные мицеллы;
 - 4) полимерные гидрогели;
 - 5) направленный транспорт лекарств, используемые векторы;
 - 6) создание препаратов локального действия.
- V. Высокопроизводительный скрининг лекарств. Молекулярные основы заболеваний. Модели заболеваний человека на животных.
- VI. Визуализация ферментативных процессов в живых организмах. Контрастирующие препараты для ЯМР и оптической томографии.

Микробиология

Место микроорганизмов в природе (животные, растения, протисты). Общие свойства микроорганизмов (размеры, особенности метаболизма, высокая скорость размножения и т.д.).

Сравнение строения прокариотической и эукариотической клеток. (плазматическая мембрана, клеточная стенка, ядерный аппа-

рат, рибосомы, фотосинтетические ламеллы, включения.

Клеточная стенка грамположительных и грамотрицательных бактерий. Строение муреинового слоя. Механизм действия лизоцима и пенициллина. Протопласты и сферопласты.

Питание и рост микроорганизмов. Потребность в химических элементах (макро- и микроэлементы). Источники углерода и энергии (автотрофные и гетеротрофные микроорганизмы). Факторы роста (понятие ауксотрофии). Отношение к кислороду (облигатные, - факультативные аэробы, анаэробы). Аэрация (способы увеличения поверхности раздела между газовой и жидкой фазами). Анаэробные культуры. Техника Хангейта. Питательные среды (синтетические, сложные, твердые и т.д.). Отношение к концентрации ионов водорода. Отношение к температуре (мезофильные, термофильные и психрофильные микроорганизмы). Селективные методы культивирования. Получение накопительных культур. Чистая культура. Смешанная культура.

Физиология роста микроорганизмов. Основные понятия (концентрация и плотность бактерий, константы скорости деления и роста, время генерации и удвоения). Методы определения числа бактерий (общее число клеток, число живых клеток). Методы определения бактериальной массы (прямые и косвенные). Кинетическое описание экспоненциального роста.

Физиология роста микроорганизмов. Рост бактерий в периодической культуре. Характеристика фаз кривой роста бактериальной культуры. Параметры кривой роста (урожай, скорость роста, длительность лаг-фазы). Рост в непрерывной культуре. Характеристика роста в хемостате. Различие между периодической и непрерывной культурами. Синхронизация клеточного деления.

Подавление роста и гибель микроорганизмов. Бактериостатическое и бактерицидное действие различных агентов. Действие на поверхностные структуры клетки (этанол, детергенты и т.д.). Дезинфекция. Ферментные яды. Механизм действия сульфониламидов, антибиотиков (хлорамфеникол, пенициллин, стрептомицин). Методы стерилизации. Техника безопасности при работе с микроорганизмами.

Основные типы брожений, вызываемые микроорганизмами. Понятие брожения как способа регенерации АТФ. Основные реакции фосфорилирования. Характерные конечные продукты различных брожений.

Спиртовое брожение, вызываемое дрожжами и бактериями. Общая схема. Применение дрожжей в пищевой промышленности.

Молочнокислое брожение. Общая схема. Основные представители (гомо- и гетероферментативное брожение). Применение и распространение молочнокислых бактерий.

Пропионовокислое брожение. Краткая характеристика пропионовокислых бактерий, их использование в сыроделии. Маслянокислое и ацетоно-бутиловое брожения. Краткая характеристика бактерий родов *Bacillus* и *Clostridium*.

Муравьинокислое брожение. Основные роды бактерий, осуществляющие брожение по этому пути. Патогенные представители. Светящиеся бактерии.

Анаэробное дыхание (нитратное, сульфатное, серное, карбонатное). Соответствующие неорганические акцепторы электрона. Значение бактерий в круговороте веществ в природе.

Нуклеиновые кислоты: первичная и вторичная структуры. Репликация ДНК. Транскрипция. Трансляция. Способы реализации генетической информации. Генетический код.

Обмен генетической информацией между микроорганизмами в природе. Трансформация. Трансдукция. Трансмиссия (конъюгация).

Модификация нуклеиновых кислот. Системы рестрикции-модификации ДНК и их роль в природе. Репарация ДНК.

Строение генома бактерий. Хромосома. Плазмиды. их классификация (группы "несовместимости"), регуляция копийности.

Кругооборот веществ в природе и реутилизация промышленных и сельскохозяйственных отходов. Представление о круговороте веществ и циклах элементов в природе. Понятие о биосфере. Микроорганизмы как агенты биогеохимических и почвенных преобразований. Реутилизация промышленных и сельскохозяйственных отходов. Методы очистки сточных вод (механические, физико-химические, биологические), обработка и утилизация осадков сточных вод. Методы обработки и утилизации биомассы. Обеззараживание газовых выбросов. Создание замкнутых технологических схем безотходного производства.

Хромосомы бактерий и вирусов. Доказательство роли ДНК в передаче наследственной информации.

Процессы, ведущие к рекомбинации у одноклеточных эукариотов. Изогамия и гетерогамия. Конъюгация у простейших. Процессы, ведущие к рекомбинации прокариот. Явление конъюгации у бактерий. Генетическая детерминация различий штаммов — доноров и реципиентов. Половой фактор. Эписомы и плазмиды.

Способы рекомбинаций. Перенос генов при трансформации у бактерий. Природа трансформации у бактерий. Природа трансформирующего агента. Трансдукция у бактерий.

Процессы, ведущие к рекомбинации у бактериофагов. Множественная инфекция бактериальной клетки. Особенности рекомбинации у бактериофагов. Молекулярные механизмы и модели рекомбинации. Универсальность процесса рекомбинаций носителей наследственной информации на разных уровнях рекомбинации живого.

Генетическая инженерия

Ферменты, модификации ДНК и РНК: полимеразы, обратные транскриптазы, нуклеазы и рестриктазы, лигазы, полинуклеотидкиназы. Анализ фрагментов ДНК с помощью электрофореза.

ДНК-зонды. Размеры, способы получения. Оптимизация структуры ДНК-зондов, получаемых на основе аминокислотной последовательности. Метки, используемые для детекции ДНК зондов. Саузерн и Нозерн-блот анализ.

Клонирование - генов. Получение геномных. и к-ДНК_ библиотек. Вектора, используемые для создания геномных и кДНК библиотек. Методы скрининга.

Полимеразная цепная реакция (ПЦР). Принцип ПЦР. Требования к ферментам, используемым в ПЦР. Выбор праймеров и оптимизация условий ПЦР. Области применения ПЦР.

Секвенирование ДНК. Принципы методов химического и ферментативного секвенирования. Требования к ферментам, используемым для секвенирования. Подходы и стратегия, используемые при секвенировании по Сэнгеру. Секвенирование с помощью радиоактивных и нерадиоактивных меток.

Мутации, их классификация. Молекулярный механизм генных мутаций. Процессы репарации ДНК. Значение ошибок репликации, рекомбинации и репараций в возникновении мутаций. Генетический контроль мутационного процесса.

Мутагены. Проблема специфичности мутагенов. Закономерности индуцированного мутационного процесса. Мутагены окружающей среды и методы их тестирования.

Селекция. Генетические основы селекции.

Генетическая основа эффективных экспрессирующих систем рекомбинантных белков E.coli.

Белковая инженерия.

Основные направления в инженерии ферментов. Методы проведения мутагенеза белков и ферментов. Способы повышения стабильности ферментов.

Трансгенные животные и растения. Этические и экономические аспекты.

Биоинформатика.

Понятие биоинформатики. Области применения.

Компьютерное моделирование структуры биомолекул. Анализ последовательностей генов и аминокислотных последовательностей.

Базы данных. Поиск информации в этих базах.

Методические материалы для проведения процедур оценивания результатов обучения

Кандидатский экзамен проводится по билетам, каждый из которых включает теоретические вопросы и практическое контрольное задание (ПКЗ). Для подготовки ответа аспирант (соискатель ученой степени) использует экзаменационные листы, которые сохраняются после приема экзамена в течение года. На каждого соискателя ученой степени заполняется протокол приема кандидатского экзамена, в который вносятся вопросы билетов и вопросы, заданные соискателю членами комиссии. Уровень знаний соискателя ученой степени оценивается на «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно». Протокол приема кандидатского экзамена подписывается членами комиссии с указанием их ученой степени, ученого звания, занимаемой должности и специальности согласно номенклатуре специальностей научных работников. В ходе экзамена, проводимого в форме индивидуального собеседования, оценивается степень сформированности «знаниевой» компоненты компетенции УК-2 (именно - знание методов научно-исследовательской деятельности) и ПК-17 (знание современного состояния науки в области био- и бионанотехнологий). Частично сформированность умения выбирать и применять в профессиональной деятельности экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследования (ОПК-1) проверяется в ходе научной сессии, на которой аспиранты устными сообщениями по различным биохимическим тематикам, оценка выступления на научной сессии учитывается как одна из составляющих общей оценки экзамена кандидатского минимума.

Дисциплины вариативной части по выбору обучающихся по направленности программы

Дисциплины вариативной части по выбору обучающихся по направленности программы могут ежегодно обновляться после рассмотрения на методической комиссии химического факультета и утверждения Ученым Советом химического факультета. Рабочие программы дисциплин по выбору представлены на сайте химического факультета (<http://www.chem.msu.ru/rus/aspirantura/>), ниже приведены примеры отдельных программ.

Рабочая программа дисциплины

1. Код и наименование дисциплины **Неорганическое материаловедение**
2. Уровень высшего образования – подготовка научно-педагогических кадров в аспирантуре.
3. Направление подготовки 04.06.01 Химические науки. Направленность программы **Неорганическая химия, Химия твердого тела.**
4. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП

Вариативная часть ООП, дисциплина (модуль), которую учащийся может освоить на выбор из списка предложенных в период обучения, отмеченный в базовом учебном плане, в течение 1 или 2 года обучения, во 2 или 3 семестре (по выбору аспиранта).

5. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

Формируемые компетенции (код компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)
УК-1	В1 (УК-1) Владеть навыками анализа методологических проблем, возникающих при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях
УК-2	З1 (УК-2) Знать методы научно-исследовательской деятельности
ОПК-1	У1 (ОПК-1) Уметь выбирать и применять в профессиональной деятельности экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследования
ПК-1	З1 (ПК-1) Знать современное состояние науки в области неорганической химии
ПК-16	З1 (ПК-16) Знать современное состояние науки в области химии твердого тела

6. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся:

Объем дисциплины (модуля) составляет 3 зачетных единицы, всего 108 часов, из которых 58 часов составляет контактная работа аспиранта с преподавателем (36 часов - занятия лекционного типа, 18 часов – занятия семинарского типа, 4 часа - мероприятия промежуточной аттестации), 50 часов составляет самостоятельная работа аспиранта.

7. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия.

В специалитете или магистратуре должны быть освоены общие курсы «Математический анализ», «Физика», «Физическая химия», «Кристаллохимия», а также спецкурсы, в которых излагались основы физико-химического анализа многокомпонентных систем и зонной теории электронного строения кристаллов.

8. Образовательные технологии.

Наряду с традиционными лекциями, для предметного ознакомления аспирантов с возможностями современного программного обеспечения проводятся лекции-демонстрации. В преподавание дисциплины используются результаты исследований, полученные сотрудниками МГУ.

9. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических или астрономических часов и виды учебных занятий

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе							
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них					Самостоятельная работа обучающегося, часы из них		
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Групповые консультации	Индивидуальные консультации	Учебные занятия, направленные на проведение текущего контроля успеваемости коллоквиумы, практические контрольные занятия и др)*	Всего	Выполнение домашних заданий	Подготовка рефератов и т.п..

Раздел 1. Полупроводники. Углеродные материалы. Термоэлектрические материалы.	27	10	5	-	-	-	15	12	-	12
Раздел 2. Сверхпроводники. Магнитные материалы. Пьезоэлектрические материалы.	38	16	8	-	-	-	24	14	-	14
Раздел 3. Материалы для энергетики. Биосовместимые материалы.	27	10	5	-	-	-	15	12	-	12
Промежуточная аттестация зачет по курсу	16		4					12		
Итого	108	36	18				58	38		50

10. Учебно-методические материалы для самостоятельной работы аспирантов.

Аспирантам предоставляется программа курса, план занятий и перечень домашних заданий. По теме каждой лекции указывается материал в источниках из списков основной и вспомогательной литературы, а также из интернет-ресурсов.

11. Ресурсное обеспечение:

- Перечень основной и вспомогательной учебной литературы

Основная литература

1. А. Вест. Химия твердого тела, т.2. М.: Мир, 1988.
2. Суздалев И.П. Физикохимия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов. Москва. КомКнига, 2006.
3. Уханов Ю.И. Оптические свойства полупроводников, Москва, Наука, 1977.
4. Semiconductor and metal nanocrystals. Edited by V.Klimov. New York, Marcel Dekker Inc. 2004.
5. Морозов С. В., Новоселов К. С., Гейм А. К. Электронный транспорт в графене. *Успехи физических наук*, 2008, т. 178, с. 776.
6. Иоффе А.И. и др. Термоэлектрическое охлаждение. М.: Изд-во АН СССР, 1956.

7. Блейкмор Дж. Физика твердого тела. М.: Мир, 1988.
8. Шевельков А.В. Химические аспекты создания термоэлектрических материалов. *Успехи химии*, 2008, т. 77, с. 3–21.
9. White M.A. Properties of Materials. Oxford University Press. Oxford, 1999
10. Калинин В.Т., Ракитин Ю.В. Введение в магнетохимию. М.: Наука, 1980.
11. Мишин Д.Д. Магнитные материалы. М.: Высшая школа, 1981.
12. Cyrot M., Pavuna D.V. Introduction to Superconductivity and High-Tc Materials, World Scientific Publ. Co., London, New Jersey, Singapore, Hong Kong, Bangalore, Beijing (1992).
13. Антипов Е.В., Абакумов. А.М. Структурный дизайн сверхпроводников на основе сложных оксидов меди. *Успехи физических наук*, 2008, т. 178, с. 190–202.
14. Ивановский А.Л. Новые высокотемпературные сверхпроводники на основе оксиарсенидов редкоземельных и переходных металлов и родственных фаз: синтез, свойства и моделирование. *Успехи физических наук*, 2008, т. 178, №12, с. 1273.
15. Huggins R.A. Advanced batteries. Springer, 2009.
16. High Temperature Solid Oxide Fuel Cells: Fundamentals, Design and Applications. (Eds. S.C. Singhal, K. Kendall). Elsevier, Oxford, U.K., 2003.
17. Истомин С.Я., Антипов Е.В. Катодные материалы для среднетемпературных ТОТЭ на основе перовскитоподобных оксидов переходных металлов. *Успехи химии* 2013, т. 82, с. 686-700.
18. Adler S.B. Factors Governing Oxygen Reduction in Solid Oxide Fuel Cell Cathodes. *Chem. Reviews*, 2014, v. 104, p. 4791-4844.
19. Поплавко Ю.М., Переверзева Ю.П., Раевский И.П. Физика активных диэлектриков. Ростов-на-Дону. Изд-во Южного Федерального университета, 2009.
20. Кэди У. Пьезоэлектричество и его практическое применение. Пер. с англ. М., Из-во ин. лит., 1949.
21. Halasyamani P. S., Poppelmeier K.R. Noncentrosymmetric Oxides. *Chem. Mater.* 1998, v. 10, p. 2753-2769
22. Лайнс М., Гласс А. Сегнетоэлектрики и родственные им материалы. М., «Мир», 1981
23. Герзанич Е.И., Фридкин В.М. Сегнетоэлектрики типа $A^V B^VI C^{VII}$. М., Наука, 1982.
24. Park J.B., Lakes R.S. Biomaterials. An introduction. Plenum Press, NY, 1992, 394 p.
25. Дж. Ван Везер. Фосфор и его соединения, М.: Издательство, 1962, 687 с.

Вспомогательная литература

1. Мясоедов Б.Ф. Давыдов А.В. Химические сенсоры, возможности и перспективы. *Журнал аналитической химии*, 1990, т. 45, с. 1259-1278.
2. Власов Ю.Г. Твердотельные сенсоры в химическом анализе. *Журнал аналитической химии*, 1990, т. 45, с. 1279-1289
3. Мясников И.А., Сухарев В.Я., Куприянов Л.Ю., Завьялов С.А. Полупроводниковые сенсоры в физико-химических исследованиях. М.: Наука, 1991.
4. Карпов Е.Ф., Басовский Б.И. Контроль проветривания и дегазации в угольных шахтах. М.: Недра, 1994.
5. Золотов Ю.А. Аналитическая химия в ИОНХ. *Журнал аналитической химии*, 1995, т. 50, с. 1223-1228.
6. Krishnan D., Kim F., Luo, J., Cruz-Silva R., Cote L. J., Jang H. D., Huang J. Energetic graphene oxide: Challenges and opportunities. *Nano Today*, 2012, v. 7, p. 137–152.

7. Kuila T., Bose S., Mishra A. K., Khanra P., Kim N. H., Lee J. H. Chemical functionalization of graphene and its applications. *Progress in Materials Science*, 2012, v. 57, p. 1061–1105.
8. Zhan D., Yan J., Lai L., Ni Z., Liu L., Shen Z. Engineering the Electronic Structure of Graphene. *Advanced Materials*, 2012, v. 24, p. 4055–4069.
9. Pei S., Cheng H.-M. The reduction of graphene oxide. *Carbon*, 2012, v. 50, p. 3210–3228.
10. Prasek J., Drbohlavova J., Chomoucka J., Hubalek J., Jasek O., Adam V., Kizek R. Methods for carbon nanotubes synthesis—review. *Journal of Materials Chemistry*, 2011, v. 21, p. 15872.
11. Jiang Hao, Sun Yun-Lei, Xu Zhu-An, Cao Guang-Han. Crystal chemistry and structural design of iron-based superconductors. *Phys. Rev. B*, 2013, v. 22, 087410.
12. Yanwei Ma. Progress in wire fabrication of iron-based superconductors. *Supercond. Sci. Technol.*, 2012, v. 25, 113001.
13. Мнеев М.Г., Сверхпроводники в современном мире. М.: Просвещение, 1991.
14. Токонесущие ленты второго поколения на основе высокотемпературных сверхпроводников. Под ред. А. Гояла. М.: ЛКИ, 2009.
15. Stewart G. R. Superconductivity in iron compounds. *Rev. Mod. Phys.*, 2011, v. 83, p. 4.
16. Winter M., Brodd R.J. What are batteries, fuel cells, and supercapacitors? *Chem. Reviews* 2004, v. 104, p. 4245-4269.
17. Goodenough J.B., Kim Y. Challenges for Rechargeable Li Batteries. *Chemistry of Materials*, 2010, v. 22, p. 587-603.
18. Whittingham M.S. Lithium batteries and cathode materials. *Chem. Reviews.*, 2004, v. 104, p. 4271–4301.
19. Thackeray M.M., Wolverton C., Isaacs E.D., Electrical energy storage for transportation – approaching the limits of, and going beyond, lithium-ion batteries. *Energy Environ. Sci.*, 2012, v. 5, p. 7854–7863.

Периодическая литература

Журналы «Успехи химии», «Журнал неорганической химии», «Неорганические материалы», «Кристаллография», «Известия РАН. Серия химическая», «Доклады Академии наук. Серия химия», «Журнал структурной химии», «Координационная химия», *Materials Chemistry*, *Mendelev Communications*, *Scientific Reports*, *Journal of Materials Chemistry*, *Journal of Alloys and Compounds*, *Inorganic Chemistry*, *European Journal of Inorganic Chemistry*, *Chemistry - A European Journal*, *Journal of Crystal Growth*

Интернет-ресурсы

materials.springer.com – доступ к различным базам данных по материаловедению

- Перечень используемых информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса, включая программное обеспечение, информационные справочные системы (при необходимости):
Базы данных NIST <http://www.nist.gov>
- Описание материально-технической базы.

Лекционные занятия проводятся в аудитории, оборудованной презентационной техникой. Лекции-демонстрации проводятся в аудитории, оснащенной компьютерами (компьютерном классе).

Вспомогательный материал в виде презентаций доступен аспирантам на сайте химического факультета <http://chem.msu.ru/>

12. Язык преподавания - русский

13. Преподаватель (преподаватели).

Д.х.н., профессор Шевельков Андрей Владимирович;
Д.х.н., профессор Антипов Евгений Викторович;
Д.х.н., профессор Гудилин Евгений Алексеевич;
Д.х.н., профессор Кауль Андрей Рафаилович;
Д.х.н., профессор Казин Павел Евгеньевич;
Д.х.н., профессор Долгих Валерий Афанасьевич;
Д.х.н., профессор Кузьмина Наталия Петровна;
Д.х.н., профессор Гаськов Александр Михайлович;
К.х.н., доцент Путляев Валерий Иванович;
Д.х.н., в.н.с. Морозов Игорь Викторович;
Д.х.н., в.н.с. Яшина Лада Валерьевна;
К.х.н., в.н.с. Дорофеев Сергей Геннадьевич

Фонды оценочных средств, необходимые для оценки результатов обучения

1. Планируемые результаты обучения для формирования компетенций п.5 и соответствующие им критерии оценивания приведены в Приложении 8.

2. Примеры контрольных вопросов:

1. Физические причины возникновения размерного эффекта в полупроводниках.
2. Приведите типичный спектр поглощения квантовых точек полупроводников, укажите основные типы переходов.
3. Какие свойства материала определяют возможность его использования в химических сенсорах?
4. Объясните основные технологические подходы к получению длинномерных ВТСП материалов второго поколения.
5. Каковы кристаллографические условия возникновения пьезоэффекта?
6. Какие свойства материала определяют его биосовместимость, биорезорбируемость?

3. Примеры домашних заданий:

1. Самостоятельно изучите по вспомогательной литературе основные методы синтеза заданного класса функциональных материалов.
2. Самостоятельно изучите по периодической литературе примеры установления взаимосвязи «состав – структура – свойство» для заданного класса функциональных материалов

3. Самостоятельно изучите по периодической литературе примеры использования диаграмм фазовых равновесий в процессах разработки новых материалов.
 4. Самостоятельно изучите по вспомогательной и периодической литературе примеры кристаллохимического предсказания соединений с заданными функциональными свойствами.
4. Полный перечень вопросов к зачёту:
1. Физические причины возникновения размерного эффекта в полупроводниках. Типичный спектр поглощения квантовых точек, основные типы переходов. Типы гетеропереходов в квантовых точках полупроводников.
 2. Коллоидный синтез квантовых точек полупроводников. Диаграмма Ла Мера. Основные реагенты и основные типы стабилизаторов для коллоидных квантовых точек A₂B₆.
 3. Понятие химического сенсора. Классификация химических сенсоров. Основные параметры химических сенсоров. Выбор материалов для полупроводниковых газовых сенсоров. Обоснование преимуществ нанокристаллических материалов для газовых сенсоров. Основные приемы для изменения сенсорных характеристик полупроводниковых материалов.
 4. Основные параметры сверхпроводящих материалов. Понятие критического тока, плотности критического тока. Эффект Мейсснера.
 5. Основные технологические подходы к получению длинномерных ВТСП материалов второго поколения. Влияние ориентации кристаллических зерен на сверхпроводящие свойства материалов. Пиннинг вихрей Абрикосова, идеальные центры пиннинга.
 6. Прямой и обратный пьезоэффекты. Кристаллографические условия возникновения пьезоэффекта. Основные области применения пьезоэлектриков.
 7. Структурные и пьезоэлектрические особенности сульфоиодида сурьмы. Основные методы получения поликристаллических и монокристалльных образцов сульфоиодида сурьмы.
 8. Монокристаллические пьезоматериалы, пьезокерамика, пьезокомпозиты, пленочные пьезоматериалы, планарные структуры. Методы получения сегнето-, пьезоэлектрических пленок.
 9. Классификация остеопластических биоматериалов. Биосовместимость, биорезорбируемость, остеокондуктивность, остеоиндуктивность.
 10. Основные принципы регулирования резорбируемости фосфатных биоматериалов. Укажите способы получения порошков фосфатов кальция различной микроморфологии. Какова взаимосвязь между морфологическими характеристиками порошка и его растворимостью (резорбируемостью)?
 11. Факторы, определяющие остеокондуктивность биокерамики. Современные приемы получения макропористой керамики для изготовления костных имплантатов.
 12. Сопоставьте материалы реакционного связывания и керамические материалы. В чем видится перспектива применения материалов первого типа? Какими факторами определяется прочность реакционно-связанных фосфатных материалов?
 13. Могут ли неорганические материалы обладать остеоиндуктивными свойствами? Каков предполагаемый механизм остеоиндукции в этих материалах?
 14. Классификация магнитных материалов, основные характеристики и основы технологии магнитных материалов.

15. Классификация и основные характеристики материалов для электрохимических источников энергии, материалы для литий-ионных аккумуляторов, механизмы де/интеркаляция лития.
16. Материалы для топливных элементов, преимущества и недостатки различных типов ТЭ. Особенности электрохимических процессов в высокотемпературных ТЭ.

Примеры ПКЗ.

Задание 1.

Предложите метод синтеза и обоснуйте соответствующие операционные параметры для получения материала с заданными функциональными свойствами.

Задание 2.

На основании предложенной фазовой диаграммы определите условия синтеза заданного соединения.

Задание 3.

Предложите алгоритм установления взаимосвязи «состав – структура – свойство» для заданного материала. Обоснуйте выбор соответствующих методов исследования.

Методические материалы для проведения процедур оценивания результатов обучения

Зачет проводится по билетам; билет включает 2 вопроса. Для подготовки ответа аспирант использует экзаменационные листы, которые сохраняются после приема зачета в течение года. На каждого аспиранта заполняется протокол приема зачета, в который вносятся вопросы билетов и вопросы, заданные соискателю членами комиссии. Уровень знаний аспиранта по каждому вопросу оценивается на «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно». В случае, если на все вопросы был дан ответ, оцененный не ниже чем «удовлетворительно», аспирант получает общую оценку «зачтено» Протокол приема зачета подписывается членами комиссии с указанием их ученой степени, ученого звания, занимаемой должности и специальности согласно номенклатуре специальностей научных работников

Рабочая программа дисциплины

1. Код и наименование дисциплины **Дифракционные методы в неорганической химии**
2. Уровень высшего образования – подготовка научно-педагогических кадров в аспирантуре.
3. Направление подготовки 04.06.01 Химические науки. Направленность программы **Неорганическая химия, Химия твердого тела.**
4. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП

Вариативная часть ООП, дисциплина (модуль), которую учащийся может освоить на выбор из списка предложенных в период обучения, отмеченный в базовом учебном плане, в течение 1 или 2 года обучения, во 2 или 3 семестре (по выбору аспиранта).

5. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

Формируемые компетенции (код компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)
УК-1	В1 (УК-1) Владеть навыками анализа методологических проблем, возникающих при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях
УК-2	З1 (УК-2) Знать методы научно-исследовательской деятельности
ОПК-1	У1 (ОПК-1) Уметь выбирать и применять в профессиональной деятельности экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследования
ПК-1	З1 (ПК-1) Знать современное состояние науки в области неорганической химии
ПК-16	З1 (ПК-16) Знать современное состояние науки в области химии твердого тела

6. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся:

Объем дисциплины (модуля) составляет 3 зачетных единицы, всего 108 часов, из которых 76 часов составляет контактная работа аспиранта с преподавателем (54 часа - занятия лекционного типа, 18 часов – занятия семинарского типа, 4 часа - мероприятия промежуточной аттестации), 32 часа составляет самостоятельная работа аспиранта.

7. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия.
В специалитете или магистратуре должны быть освоены общие курсы «Неорганическая химия», «Математический анализ», «Физика», «Физическая химия», «Кристаллохимия».

8. Образовательные технологии.

Наряду с традиционными лекциями, для предметного ознакомления аспирантов с возможностями современного программного обеспечения проводятся лекции-демонстрации. В преподавание дисциплины используются результаты исследований, полученные сотрудниками МГУ.

9. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических или астрономических часов и виды учебных занятий

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе								
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них						Самостоятельная работа обучающегося, часы из них		
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Групповые консультации	Индивидуальные консультации	Учебные занятия, направленные на проведение текущего контроля успеваемости коллоквиумы, практические контрольные занятия и др)*	Всего	Выполнение домашних заданий	Подготовка рефератов и т.п..	Всего
Раздел 1. Теоретические основы рентгеновской дифракции	18	12	4	-	-	-	16	2	-	2
Раздел 2. Методы порошковой рентгеновской дифракции	22	12	4	-	-	-	16	6	-	6
Раздел 3. Рентгеноструктурный анализ	17	10	3	-	-	-	13	4	-	4

Раздел 4. Растровая электронная микроскопия	10	6	2	-	-	-	8	2	-	2
Раздел 5. Рентгеноспектральный микроанализ	8	4	2	-	-	-	6	2	-	2
Раздел 6. Просвечивающая электронная микроскопия	17	10	3	-	-	-	13	4	-	4
Промежуточная аттестация зачет по курсу	16		4				12			
Итого	108	54	18				76	20		32

10. Учебно-методические материалы для самостоятельной работы аспирантов.

Аспирантам предоставляется программа курса, план занятий и перечень домашних заданий. По теме каждой лекции указывается материал в источниках из списков основной и вспомогательной литературы, а также из интернет-ресурсов.

11. Ресурсное обеспечение:

- Перечень основной и вспомогательной учебной литературы

Основная литература

1. V.K. Pecharsky, P.Y. Zavalij, Fundamentals of Powder Diffraction and Structural Characterization of Materials. Springer, 2009.
2. А. Вест. Химия твёрдого тела, т.1. М.: Мир, 1988
3. Л.М. Ковба, В.К. Трунов. Рентгенофазовый анализ. М.: МГУ, 1976.
4. Д. Брандон, У. Каплан. Микроструктура материалов. Методы исследования и контроля. М.: Техносфера, 2004.
5. Дж. Гоулдстейн, Д. Ньюбери, П. Эчлин, Д. Джой, Ч. Фиори, Ф. Лифшин. Растровая электронная микроскопия и рентгеновский микроанализ. В 2 книгах. Пер. с англ. — М.: Мир, 1984.
6. V.D. Scott, G. Love. Quantitative electron-probe microanalysis. - Ellis Horwood Ltd., 1983.
7. D.B. Williams, C.B. Carter. Transmission Electron Microscopy. A Textbook for Materials Science. In 4 Books – Plenum Press: New York & London, 1996.

Вспомогательная литература

1. R.A. Young (Ed.). The Rietveld method. Oxford University Press, 1993.

2. G.E. Bacon. Neutron diffraction. Clarendon Press, 1975
3. W.I.F. David, K. Shankland, L.B. McCusker, Ch. Baerlocher (Eds.). Structure Determination from Powder Diffraction Data. Oxford University Press, 2006.
4. П. Хирш, А. Хови, Р. Николсон, Д. Пэшли, М. Уэлан. Электронная микроскопия тонких кристаллов. М.: Мир, 1968.
5. Д. Синдо, Т. Оикава. Аналитическая просвечивающая электронная микроскопия. Пер. с англ. М.: Техносфера, 2006.
6. А.В. Гаршев, В.И. Путляев Исследование материалов методами растровой электронной микроскопии. Методическая разработка к курсу дистанционного образования. Москва, 2008.

Периодическая литература

Журналы «Успехи химии», «Журнал неорганической химии», «Кристаллография», «Журнал структурной химии», Acta Crystallographica, Materials Chemistry, Journal of Materials Chemistry, Inorganic Chemistry, European Journal of Inorganic Chemistry, Chemistry - A European Journal, Journal of Crystal Growth

Интернет-ресурсы

www.iucr.org – Международный союз кристаллографии

- Перечень используемых информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса, включая программное обеспечение, информационные справочные системы (при необходимости):

программное обеспечение STOE WinXPow, Jana 2006;

программный комплекс INCA Energy для проведения PCMA;

java-версия пакета для ПЭМ JEMS (P. Stadelmann, CIME, EPFL, Switzerland

http://cimewww.epfl.ch/people/stadelmann/jemsSE/jemsSEv3_8326u2012.htm)

база данных ICDD PDF-2

The CCP14 (Collaborative Computational Project No. 14) in Powder and Small Molecule Single Crystal Diffraction www.ccp14.ac.uk

A Guide to Scanning Microscope Observation

http://www.jeolusa.com/DesktopModules/Bring2mind/DMX/Download.aspx?Command=Core_Download&EntryId=1&PortalId=2&TabId=320

- Описание материально-технической базы.

Лекционные занятия проводятся в аудитории, оборудованной презентационной техникой. Лекции-демонстрации проводятся в аудитории, оснащенной компьютерами (компьютерном классе).

Вспомогательный материал в виде презентаций доступен аспирантам на сайте химического факультета <http://chem.msu.ru/>

12. Язык преподавания - русский

13. Преподаватель (преподаватели).

Антипов Евгений Викторович, д.х.н., профессор, член-корр. РАН

Путляев Валерий Иванович, к.х.н., доцент

Розова Марина Геннадьевна, к.х.н., доцент

Гаршев Алексей Викторович, к.х.н., доцент
Лобанов Максим Владимирович, к.х.н., с.н.с.
Чижов Павел Сергеевич, к.х.н., с.н.с.

Фонды оценочных средств, необходимые для оценки результатов обучения

1. Планируемые результаты обучения для формирования компетенций п.5 и соответствующие им критерии оценивания приведены в Приложении 8.
2. Примеры контрольных вопросов:
 1. Понятие о кристаллической решетке. Симметрия кристаллической решетки, основная теорема кристаллографии.
 2. Когерентное упругое рассеяние – дифракция рентгеновского излучения, вывод формулы для определения комплексной амплитуды рассеянного РИ.
 3. Основные приближения кинематической теории дифракции. Рассеяние на атоме, на цепочке электронов, цепочке атомов. Интерференционная функция Лауэ.
 4. Распространение РИ в поликристаллическом образце. Средний коэффициент поглощения. Взаимосвязь между объемной долей фазы и интенсивностью рефлекса.
 5. Особенности рассеяния нейтронов.
 6. Понятие о субструктуре и сверхструктуре.
3. Примеры домашних заданий:
 1. Самостоятельно проведите профильный анализ и качественный рентгенофазовый анализ.
 2. Самостоятельно определите микроструктурные параметры из уширения дифракционных максимумов.
 3. Самостоятельно проведите индентирование дифрактограммы.
 4. Самостоятельно проведите уточнение кристаллической структуры неорганического соединения методом Ритвельда.
4. Полный перечень вопросов к зачёту:
 1. Трансляционная симметрия как основной вид симметрии кристаллов. Понятие о кристаллической решетке. Симметрия кристаллической решетки, основная теорема кристаллографии. Решетки Браве. Закрытые и открытые элементы симметрии в кристаллах. Квазикристаллы.
 2. Математическое описание операций симметрии. Федоровские группы. Симметрия физических свойств кристалла. Основные данные о кристаллической структуре.
 3. Рентгеновское излучение (РИ) как электромагнитное излучение. Типы источников РИ. Взаимодействие РИ с веществом. Томсоновское рассеяние, комптоновское рассеяние, фотоэффект.

4. Линейный коэффициент поглощения. Зависимость коэффициента поглощения от длины волны – край полосы поглощения. Уравнения Гамильтона-Дарвина. Когерентное упругое рассеяние – дифракция РИ, вывод формулы для определения комплексной амплитуды рассеянного РИ.
5. Основные приближения кинематической теории дифракции. Рассеяние на атоме, на цепочке электронов, цепочке атомов. Интерференционная функция Лауэ.
6. Трансляционная симметрия кристалла, переход к рядам Фурье. Обратная решетка. Закон Брегга в векторной и скалярной формах. Сфера Эвальда. Форм-факторы атомов, параметры атомного смещения, заселенность. Структурная амплитуда. Аномальное рассеяние.
7. Параметры, влияющие на интенсивность рефлекса при дифракции на реальных объектах. Поляризационный фактор, влияние монокроматоров.
8. Порошковая дифрактограмма как 1D проекция 3D дифракционной картины, рассмотрение дифракции на поликристаллической пробе с помощью построения Эвальда. Лоренц-фактор, геометрический фактор. Понятие о текстуре образца, текстурный фактор. Коэффициент экстинкции. Фактор повторяемости рефлексов.
9. Три вклада в уширение дифракционных пиков. Инструментальное уширение, коррекция. Уширение, обусловленное малым размером ОКР. Формула Шерера, её ограничения. Уширение, обусловленное микронапряжениями. Разделение вкладов, метод Вильямсона-Холла.
10. Текстура как преимущественная ориентация кристаллитов в образце. Феноменологическое описание текстуры, эллиптическая текстура. Модель Марча-Долласа. Правила выбора оси текстурирования. Фундаментальное рассмотрение проблемы, понятие о функции распределения ориентировок (ODF). Полюсные фигуры, решение обратной задачи.
11. Особенности рассеяния нейтронов. Магнитное рассеяние нейтронов. Случаи ферромагнитного и антиферромагнитного упорядочения.
12. Природа аналитического сигнала в электронном микроскопе, электронный спектр, типология рассеянных электронов. Основные виды контраста (топографический, химический – Z-контраст, кристаллографический и др).
13. Природа и характеристики рентгеновского излучения в электронном микроскопе. Энергодисперсионная спектроскопия (EDX) и спектроскопия с волновой дисперсией (WDX).

Примеры ПКЗ.

Задание 1.

Определите кристаллическую структуру заданного вещества.

Задание 2.

Определите параметры микроструктуры вещества из уширений дифракционных максимумов.

Задание 3.

Определите фазовый состав (качественный и количественный) смеси кристаллических веществ.

Методические материалы для проведения процедур оценивания результатов обучения

Зачет проводится по билетам; билет включает 2 вопроса и ПКЗ. Для подготовки ответа аспирант использует экзаменационные листы, которые сохраняются после приема зачета в течение года. На каждого аспиранта заполняется протокол приема зачета, в который вносятся вопросы билетов и вопросы, заданные соискателю членами комиссии. В случае, если ПКЗ было успешно выполнено и на все вопросы были даны удовлетворительные ответы, аспирант получает зачет. Протокол приема зачета подписывается членами комиссии с указанием их ученой степени, ученого звания, занимаемой должности и специальности согласно номенклатуре специальностей научных работников

Рабочая программа дисциплины

1. Код и наименование дисциплины **Экспериментальные и теоретические методы исследования фазовых равновесий**
2. Уровень высшего образования – подготовка научно-педагогических кадров в аспирантуре.
3. Направление подготовки 04.06.01 Химические науки. Направленность программы **Неорганическая химия, Химия твердого тела.**
4. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП

Вариативная часть ООП, тип дисциплины «д» - дисциплина (модуль), которую учащийся может освоить на выбор из списка предложенных (электив) и не обязательно в период обучения, отмеченный в базовом учебном плане, в течение 1 или 2 года обучения, во 2 или 3 семестре (по выбору аспиранта), предпочтительно – 2 семестр.

5. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

Формируемые компетенции (код компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)
УК-1	<i>В1 (УК-1) Владеть</i> навыками анализа методологических проблем, возникающих при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях
УК-2	<i>З1 (УК-2) Знать</i> методы научно-исследовательской деятельности
ОПК-1	<i>У1 (ОПК-1) Уметь</i> выбирать и применять в профессиональной деятельности экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследования
ПК-1	<i>З1 (ПК-1) Знать</i> современное состояние науки в области неорганической химии
ПК-16	<i>З1 (ПК-16) Знать</i> современное состояние науки в области химии твердого тела

Оценочные средства для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) приведены в Приложении.

6. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся:

Объем дисциплины (модуля) составляет 3 зачетных единицы, всего 108 часов, из которых 66 часов составляет контактная работа аспиранта с преподавателем (54 часа - занятия лекционного типа, 4 часа групповые консультации, 4 часа мероприятия текущего контроля успеваемости, 4 часа - мероприятия промежуточной аттестации), 42 часа составляет самостоятельная работа аспиранта.

7. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия.

В специалитете или магистратуре должны быть освоены общие курсы «Математический анализ», «Физика», «Физическая химия», «Кристаллохимия», а также спецкурсы, в которых излагались основы физико-химического анализа многокомпонентных систем и зонной теории электронного строения кристаллов.

8. Образовательные технологии.

Наряду с традиционными лекциями, для предметного ознакомления аспирантов с возможностями современного программного обеспечения проводятся лекции-демонстрации. В преподавание дисциплины используются результаты исследований, полученные сотрудниками МГУ.

9. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических или астрономических часов и виды учебных занятий

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе								
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них						Самостоятельная работа обучающегося, часы из них		
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Групповые консультации	Индивидуальные консультации	Учебные занятия, направленные на проведение текущего контроля успеваемости коллоквиумы, практические контрольные занятия и др)*	Всего	Выполнение домашних заданий	Подготовка рефератов и т.п..	Всего
Раздел 1. Методы термодинамического моделирования в исследовании фазовых равновесий	36	18	-	1	-	1	20	2	-	8

Раздел 2. Современные экспериментальные методы построения диаграмм фазовых равновесий	48	24	-	1	-	1	26	2	-	10
Раздел 3. Метод графов как метод представления, формализации, анализа и прогноза фазовых равновесий в многокомпонентных системах	12	6	-	1	-	1	8	2	-	6
Раздел 4. Прикладные аспекты использования диаграмм фазовых равновесий	22	6	-	1	-	1	8	2	-	6
Промежуточная аттестация зачет по курсу	16		4					12		
Итого	108	54		4		4	66	8		42

10. Учебно-методические материалы для самостоятельной работы аспирантов.

Аспирантам предоставляется программа курса, план занятий и перечень домашних заданий. По теме каждой лекции указывается материал в источниках из списков основной и вспомогательной литературы, а также из интернет-ресурсов. Аспиранты также снабжаются инструкциями по работе с приборами, используемыми в физико-химическом анализе.

11. Ресурсное обеспечение:

- Перечень основной и вспомогательной учебной литературы

Основная литература

1. Физические методы исследования неорганических веществ (под ред. Никольского А.Б.). М.: Академия, 2006
2. Д. Брандон, У. Каплан Микроструктура материалов. Методы исследования и контроля. М.: Техносфера, 2004. 384 с.

3. Афиногенов Ю.П., Гончаров Е.Г., Семенова Г.В., Зломанов В.П. Физико-химический анализ многокомпонентных систем. М.: МФТИ, 2006. 332 с.
4. Емелина А.Л. Дифференциальная сканирующая калориметрия М.: МГУ, 2009, 42 с.
5. Топор Н.Д., Огородова Л.П., Мельчакова Л.В. Термический анализ минералов и неорганических соединений. М.: МГУ, 1987.
6. Криштал М.М., Ясников И.С., Полунин В.И. и др. Сканирующая электронная микроскопия и рентгеноспектральный микроанализ в примерах практического применения. – М.: Техносфера, 2009. – 208 с.
7. Горелик С.С., Скаков Ю.А., Расторгуев Л.Н. Рентгенографический и электронно-оптический анализ. М.: МИСИС, 2002.
8. Документация к программной системе Thermo-Calc
9. Lukas H.L., Fries S.G., Sundman B. Computational Thermodynamics: The CALPHAD Method. Cambridge: Cambridge University Press, 2007.
10. Соколовская Е.М., Гузей Л.С. Металлохимия. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1986. – 264 с.

Вспомогательная литература

11. М. Рэнд. Количественные предсказания в физике твердого тела: характеристики, требуемые для расчетов фазовых диаграмм. – В сб.: Диаграммы фаз в сплавах /под ред. Л. Беннета, Т. Массальски, Б. Гиссена. М.: «Мир», 1986, с. 65–76
12. И. Ансара. Представление термодинамических свойств многокомпонентных сплавов. -- Там же, с. 142–150
13. J-O Andersson, Thomas Helander, Lars Hdghmd, Pingfang Shi, Bo Sundman. THERMO-CALC & DICTRA, Computational Tools For Materials Science. *CALPHAD*. 2002. V. 26, No.2. – P. 273-312.
14. Dinsdale A. SGTE data for pure elements. *CALPHAD*. – 1991.-- V. 15, No. 4. – P. 317-425
15. Hillert M. The compound energy formalism. *J. of Alloys and Compounds*. 2001. V. 320. – P. 161–176
16. Becker J.S. Inorganic mass spectrometry. Principles and Applications. Wiley-Interscience, 2008.
17. Slyusarenko E.M., Kerimov E.Yu. Sofin M.V. Analysis of the phase equilibria in multicomponent systems using graphs. // *Journal of Mendeleev Communication*, 1999, №2. – P. 56 – 59.
18. Slyusarenko E.M., Borisov V.A., Kerimov E.Yu., Sofin M.V., Chastukhin A.E. Determination of phase equilibria in the system Ni-V-Cr-Mo-Re at 1425 K by using the graph method // *J. of Alloys and Compounds*, 1999, 284. – P. 171 – 189.
19. Sofin M.V., Kerimov E.Yu., Chastukhin A.E., Bazhanova N.A., Balykova Yu. V., Slyusarenko E.M. Determination of phase equilibria in the Ni-V-Nb-Ta-Cr-Mo-W system at 1375 K using the graph method // *Journal of Alloys and Compounds* (2001) T.321, 102-131.
20. Николаев С.В., Керимов Э.Ю., Слюсаренко Е.М. Фазовые равновесия в четырехкомпонентных системах Ni-Re-W-V, Ni-Re-W-Nb, Ni-Re-W-Ta, Ni-Re-W-Cr и Ni-Re-W-Mo при 1375 К // Вестник МГУ. Серия 2. Химия. – 2013. – Т.54, № 4. – С. 234 – 241.
21. Николаев С.В., Керимов Э.Ю., Слюсаренко Е.М. Фазовые равновесия в четырехкомпонентной системе Ni-Nb-Mo-Re при 1375 К // Материаловедение. – 2013. – № 7. – С. 03 – 10.

Периодическая литература

Журналы «Журнал физической химии», «Материаловедение», «Journal of Alloys and Compounds», «CALPHAD»

Интернет-ресурсы

www.calphad.org – сайт разработки системы CALPHAD

www.opencalphad.com – сайт международного сообщества по вычислительной термодинамике

materials.springer.com – доступ к различным базам данных по материаловедению

www.thermocalc.com – сайт разработки и распространения программы Thermo-Calc

- Перечень используемых информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса, включая программное обеспечение, информационные справочные системы (при необходимости):
База данных ИВТАНТЕРМО <http://www.ihed.ras.ru>, <http://www.chem.msu.ru/rus/handbook/ivtan/> .
Базы данных NIST <http://www.nist.gov>
- Описание материально-технической базы.

Лекционные занятия проводятся в аудитории, оборудованной презентационной техникой. Лекции-демонстрации проводятся в аудитории, оснащенной компьютерами (компьютерном классе).

Вспомогательный материал в виде презентаций доступен аспирантам на сайте химического факультета <http://chem.msu.ru/>

12. Язык преподавания - русский

13. Преподаватель (преподаватели).

Профессор, доктор химических наук ДУНАЕВ СЕРГЕЙ ФЕДОРОВИЧ, E-mail dunaev@general.chem.msu.ru, тел: 8(495)9391596

Профессор, доктор химических наук МЕШКОВ ЛЕОНИД ЛЕОНИДОВИЧ

Ведущий научный сотрудник, кандидат химических наук КУЗНЕЦОВ ВИКТОР НИКОЛАЕВИЧ

Фонды оценочных средств, необходимые для оценки результатов обучения

1. Планируемые результаты обучения для формирования компетенций п.5 и соответствующие им критерии оценивания приведены в Приложении 8.

1. Примеры контрольных вопросов:

1. Как описывается зависимость термодинамических свойств фаз от их состава и температуры?
2. Охарактеризуйте влияние химического и магнитного упорядочения на термодинамические свойства фаз.
3. Перечислите и кратко опишите способы учета тройных и более сложных взаимодействий.
4. В чем состоят достоинства и в чем – недостатки кинетических методов построения диаграмм фазовых равновесий?
5. Назовите основные положения, лежащие в основе метода графов.
6. Как свойства исследуемых систем определяют режим термической обработки образцов?

2. Примеры домашних заданий:

1. Самостоятельно постройте многоподрешоточную модель для заданной фазы
2. Самостоятельно изучите инструкцию к программе Thermo-Calc
3. Самостоятельно подберите набор экспериментальных данных для построения термодинамической модели заданной фазы
4. Самостоятельно проведите обработку результатов, полученных методом диффузионных пар

5. Самостоятельно предскажите фазовые равновесия в четырехкомпонентной системе по данным о строении тройных изотерм, используя метод графов
 6. Самостоятельно изучите по периодической литературе примеры использования диаграмм фазовых равновесий в процессах разработки новых материалов
3. Полный перечень вопросов к зачёту:
1. Стандартные состояния для энергии Гиббса. «Скользящее» стандартное состояние и стандартное состояние в виде устойчивой формы элемента при 0 К и при стандартной температуре (stable elemental reference, SER).
 2. Обобщенная модель Майера-Келли для описания температурной зависимости термодинамических свойств фазы фиксированного состава.
 3. Многочлены Гуггенгейма-Редлиха-Кистера. Расчет парциальных свойств компонентов. Другие полиномиальные модели (ряды Маргулеса, ортогональные полиномы), их преимущества и недостатки. Температурная зависимость коэффициентов полиномов.
 4. Многоподрешеточная модель. «Квазикомпоненты» (end-members) и параметры взаимодействия в подрешетках. Для указанной фазы с известной структурой построить многоподрешеточную модель (перечислить подрешетки, указать заселенности, перечислить квазикомпоненты).
 5. Основные методы экстраполяционного предсказания термодинамических свойств тройной фазы по известным модельным описаниям граничных подсистем. Симметричные (модели Муггиану, Келера) и асимметричные (модели Тупа, Бонье и др.) модели, их преимущества и недостатки. Поправки на тройные взаимодействия.
 6. Модели жидких фаз (модель ассоциированных растворов, модифицированная квазихимическая теория, модель двухподрешеточной ионной жидкости), их преимущества и недостатки в сравнении с формальным полиномиальным описанием.
 7. Предварительная подготовка экспериментальных данных для использования при подборе параметров модельного термодинамического описания (критический анализ данных).
 8. Практическая работа с программной системой Thermo-Calc: выполнение расчета двойной системы или изотермического либо политермического разреза тройной по имеющемуся термодинамическому описанию (базе данных).
 9. Метод равновесных сплавов. Методика приготовления образцов сплавов и режимы их термической обработки. Достоинства и недостатки метода.
 10. Общая характеристика кинетических методов. Метод диффузионных пар. Методика приготовления образцов и режимы их термической обработки.
 11. Общая характеристика кинетических методов. Метод суперпозиции диффузионных зон. Метод гомогенизации. Методика приготовления образцов и режимы их термической обработки.
 12. Методы термического анализа в построении диаграмм фазовых равновесий.
 13. Основные понятия метода графов. Алгоритм применения метода к прогнозированию фазовых равновесий в четырехкомпонентной системе.
 14. Особенности использования термических методов анализа для построения политермических сечений диаграмм фазовых равновесий.

15. Прогноз фазовых равновесий в четырехкомпонентной системе с использованием метода графов по данным о строении тройных изотерм (на конкретных примерах).
16. Диаграммы фазовых равновесий как основа для разработки современных функциональных материалов.

Примеры ПКЗ.

Задание 1.

Предложите последовательность, в которой с применением метода графов прогнозируются фазовые равновесия в четырехкомпонентной системе, если известны диаграммы фазовых равновесий соответствующих тройных систем.

Задание 2.

Найдите ошибки в предложенной фазовой диаграмме двойной системы и укажите возможные способы ее исправления.

Задание 3.

Предложите алгоритм установления фазовых равновесий в заданной частично известной трехкомпонентной металлической системе методом диффузионных пар.

Методические материалы для проведения процедур оценивания результатов обучения

Зачет проводится по билетам; билет включает 2 вопроса: первый вопрос №№ 1 – 6 и № 13, второй вопрос: №№ 7–12 и №№ 14–16, а также практическое контрольное задание (ПКЗ). Для подготовки ответа аспирант использует экзаменационные листы, которые сохраняются после приема экзамена в течение года. На каждого аспиранта заполняется протокол приема зачета, в который вносятся вопросы билетов и вопросы, заданные соискателю членами комиссии. Уровень знаний аспиранта по каждому вопросу оценивается на «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно». В случае, если на все вопросы был дан ответ, оцененный не ниже чем «удовлетворительно», аспирант получает общую оценку «зачтено» Протокол приема зачета подписывается членами комиссии с указанием их ученой степени, ученого звания, занимаемой должности и специальности согласно номенклатуре специальностей научных работников

Рабочая программа дисциплины

1. Код и наименование дисциплины: **Инструментальные методы определения строения вещества**
2. Уровень высшего образования – подготовка научно-педагогических кадров в аспирантуре.
3. Направление подготовки 04.06.01 Химические науки. Направленность программы **Неорганическая химия, Химия твердого тела, Физическая химия**
4. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП

Вариативная часть ООП, дисциплина (модуль), которую учащийся может освоить на выбор из списка предложенных (электив) в период обучения, отмеченный в базовом учебном плане, в течение 2 года обучения, в 3 или 4 семестре (по выбору аспиранта), предпочтительно – 4 семестр.

5. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

Формируемые компетенции (код компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)
УК-1	<i>В1 (УК-1) Владеть</i> навыками анализа методологических проблем, возникающих при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях
ОПК-1	<i>У1 (ОПК-1) Уметь</i> выбирать и применять в профессиональной деятельности экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследования
ПК-16	<i>З1 (ПК-17) Знать</i> современное состояние науки в области химии твердого тела

6. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся:
Объем дисциплины (модуля) составляет 3 зачетных единицы, всего 108 часов, из которых 66 часов составляет контактная работа аспиранта с преподавателем (54 часа - занятия лекционного типа, 4 часа групповые консультации, 6 часов мероприятия текущего контроля успеваемости, 2 часа мероприятия промежуточной аттестации), 42 часа составляет самостоятельная работа аспиранта.

7. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия.

В специалитете или магистратуре должны быть освоены дисциплины «Математический анализ», «Физика», «Кристаллохимия», а также спецкурсы, в которых излагались основы структурного анализа, колебательной спектроскопии и спектроскопии ядерного магнитного резонанса, например, "Рентгеноструктурная аттестация материалов и химических веществ" или "Дифракционные методы определения кристаллических структур".

8. Образовательные технологии.

Наряду с традиционными лекциями, для предметного ознакомления аспирантов с возможностями современного программного обеспечения проводятся лекции-демонстрации. В преподавание дисциплины используются результаты исследований, проведенных сотрудниками МГУ.

9. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических или астрономических часов и виды учебных занятий

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе								
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них						Самостоятельная работа обучающегося, часы из них		
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Групповые консультации	Индивидуальные консультации	Учебные занятия, направленные на проведение текущего контроля успеваемости коллоквиумы, практические контрольные занятия и др)*	Всего	Выполнение домашних заданий	Подготовка рефератов и т.п..	Всего
Раздел 1. Рентгеноструктурный анализ несомерно модулированных кристаллов и квази-кристаллов	40	8	-	-	-	1	9	2	-	4
Раздел 2. Прецизионный рентгеноструктурный анализ, включая определение раз-	40	8	-	1	-	1	10	2	-	4

ностной электронной плотности										
Раздел 3. Определение кристаллических структур по порошковым данным из первых принципов	40	10	-	1	-	1	12	2	-	6
Раздел 4. Дифракция рентгеновских лучей и электронов на нанобъектах	22	6	-	-	-	1	7	2	-	4
Раздел 5. Применение ИК-спектроскопии для изучения промежуточных продуктов каталитических реакций	22	10	-	1	-	1	12	2	-	4
Раздел 6. Методы исследования катализаторов с применением спектроскопии ЯМР	22	12	-	1	-	1	14	2	-	6
Промежуточная аттестация: зачет в форме защиты реферата	10		2						10	14
Итого	108	54		4		6	66	12		42

10. Учебно-методические материалы для самостоятельной работы аспирантов.

Аспирантам предоставляется программа курса, план занятий и перечень домашних заданий. По теме каждой лекции указывается материал в источниках из списков основной и вспомогательной литературы, а также из интернет-ресурсов. Аспиранты также снабжаются инструкциями по работе с приборами, используемыми в физико-химическом анализе.

11. Ресурсное обеспечение:

- Перечень основной и вспомогательной учебной литературы ко всему курсу

Основная литература

1. Г.В. Фетисов Синхротронное излучение. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007.
2. В.Г. Цирельсон Квантовая химия. Молекулы, молекулярные системы и твердые тела. М.: Бином, 2010.
3. Молекулярные структуры: Прецизионные методы исследования. Ред. А. Доменикано, И. Харгиттаи. М.: Мир, 1997.

Вспомогательная литература

1. T. Janssen, G. Chapuis, M. de Boissieu. Aperiodic Crystals. Oxford University Press, 2007.
2. J. Fisher Modern NMR Technique for Synthetic Chemistry. Boca Raton, CRC Press, 2015.

Периодическая литература

Журналы «Кристаллография», «Журнал структурной химии», «Журнал физической химии», «Acta Crystallographica»

Интернет-ресурсы

www.iucr.org – Международный союз кристаллографии

- Перечень используемых информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса, включая программное обеспечение, информационные справочные системы (при необходимости):

Сайт программ FullProf и WinPlotR: www.cdifx.univ-rennes1.fr/winplotr

Сайт программы MoProSuite: <http://www.crystallography.fr/crm2/fr/labo/equipes/biomod/mopro-download.html>

Сайт кембриджской базы структурных данных: www.ccdc.cam.ac.uk

- Описание материально-технической базы.

Лекционные занятия проводятся в аудитории, оборудованной презентационной техникой. Лекции-демонстрации проводятся в аудитории, оснащенной компьютерами (компьютерном классе). Для самостоятельной работы аспиранты получают соответствующее программное обеспечение или доступ к компьютерам, на которых оно установлено.

Вспомогательный материал в виде презентаций доступен аспирантам на сайте химического факультета <http://chem.msu.ru/>

12. Язык преподавания - русский

13. Преподаватели

профессор, доктор химических наук Леонид Александрович Асланов, E-mail aslanov@struct.chem.msu.ru, тел. 8(495)9391327

профессор, доктор химических наук Александр Васильевич Яценко, E-mail yatsenko@struct.chem.msu.ru, тел. 8(495)9395089

профессор, доктор химических наук Леонид Модестович Кустов

Фонды оценочных средств, необходимые для оценки результатов обучения

1. Планируемые результаты обучения для формирования компетенций п.5 и соответствующие им критерии оценивания приведены в Приложении 8.

2 Примеры контрольных вопросов:

6. Дайте характеристику процедуры каппа-уточнения при определении электронной плотности по дифракционным данным.
7. Как применяется формализм шестимерного пространства при описании структуры и дифракционной картины аперидических твердых тел?
8. Опишите экспериментальные методики, которые могут применяться для исследования поверхностных слоев методом ИК-спектроскопии.
9. Перечислите наиболее широко используемые методы получения спектров ЯМР твердых объектов, сравните их достоинства и недостатки.

3 Примеры домашних заданий:

1. Самостоятельно проведите мультипольное уточнение по предложенному набору дифракционных данных
2. Самостоятельно из первых принципов определите кристаллическую структуру по данным порошковой дифракции
3. Самостоятельно изучите литературу по исследованию центров кислотности на поверхности кремнезема и цеолитов методами ИК-спектроскопии

4 Перечень вопросов к зачёту (примеры тем рефератов):

- Примеры определения электронной плотности в кристаллах органических веществ и химическая информация, получаемая из распределений электронной плотности.
- Квазикристаллические фазы и аппроксиманты в сплавах на основе алюминия: способы получения и критерии устойчивости.
- Программное обеспечение, применяемое в прецизионных структурных исследованиях, его возможности и требования к экспериментальным данным.
- Методы определения и уточнения структур несоразмерных композитных кристаллов по рентгенодифракционным данным.
- Примеры изучения фазовых переходов в монокристаллических дифракционных экспериментах.
- Характеризация фармацевтических препаратов методами порошковой дифракции
- Методы Монте-Карло при определении кристаллических структур по порошковым данным и способы повышения эффективности поиска решения.
- Спектроскопия ИК катализаторов на основе оксидов металлов и анализ состояния поверхностных ОН-групп.
- Изучение структуры цеолитов при помощи спектроскопии ЯМР на ядрах ^{29}Si .

- Установление природы центров Брёнстедовской и Льюисовской кислотности оксидных катализаторов.
- Методы определения площади поверхности и изучение структуры поверхности комплексом физико-химических методов на примере химически модифицированного кремнезема.

Методические материалы для проведения процедур оценивания результатов обучения

Зачет протекает в форме защиты реферата, проблематика которого определяется в соответствии с темой аспирантского исследования и согласовывается с руководителем аспиранта. Реферат оценивается комиссией, состоящей из преподавателей и руководителей аспирантских работ. Реферат и замечания к нему хранятся в течение года. В случае положительной оценки реферата аспирант допускается к защите, в ходе которой он отвечает на вопросы и замечания, высказанные членами комиссии и приглашенными на защиту специалистами в соответствующей области. На каждого аспиранта заполняется протокол приема зачета, в который вносятся тема реферата и вопросы, заданные на защите. Уровень знаний аспиранта по каждому вопросу оценивается на «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно». В случае, если на все вопросы был дан ответ, оцененный не ниже чем «удовлетворительно», аспирант получает общую оценку «зачтено». Протокол приема зачета подписывается членами комиссии с указанием их ученой степени, ученого звания, занимаемой должности и специальности согласно номенклатуре специальностей научных работников

Рабочая программа дисциплины

1. Код и наименование дисциплины **Современные представления о коррозионных и электрохимических процессах при создании и эксплуатации металлических и композиционных материалов**

2. Уровень высшего образования – подготовка научно-педагогических кадров в аспирантуре.

3. Направление подготовки 04.06.01 Химические науки. Направленность программы **Неорганическая химия, Химия твердого тела.**

4. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП

Вариативная часть ООП, дисциплина (модуль), которую учащийся может освоить на выбор из списка предложенных в период обучения, отмеченный в базовом учебном плане, в течение 1 или 2 года обучения, во 2 – 4 семестре (по выбору аспиранта), предпочтительно – 3 семестр.

10. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

Формируемые компетенции (код компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)
УК-2	31 (УК-2) Знать методы научно-исследовательской деятельности
ПК-1	31 (ПК-1) Знать современное состояние науки в области неорганической химии
ОПК-2	У1 (ОПК-1) Уметь выбирать и применять в профессиональной деятельности экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследования
ПК-16	31 (ПК-16) Знать современное состояние науки в области химии твердого тела

Оценочные средства для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) приведены в Приложении.

6. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся:

Объем дисциплины (модуля) составляет 3 зачетных единиц, всего 108 часов, из которых 62 часа составляет контактная работа аспиранта с преподавателем (54 часа - занятия лекционного типа, 6 часов групповые консультации, 0 часов мероприятия текущего контроля успеваемости, 2 часа – мероприятия промежуточной аттестации), 46 часов составляет самостоятельная работа аспиранта.

7. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия.

В специалитете или магистратуре должны быть освоены общие курсы «Математический анализ», «Физика», «Физическая химия», а также спецкурсы, в которых излагались основы химии металлических систем.

8. Образовательные технологии.

Наряду с традиционными лекциями, для предметного ознакомления аспирантов с возможностями современного программного обеспечения проводятся лекции-демонстрации. В преподавании дисциплины используются результаты исследований, проведенных сотрудниками МГУ.

9. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических или астрономических часов и виды учебных занятий

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе								
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них						Самостоятельная работа обучающегося, часы из них		
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Групповые консультации	Индивидуальные консультации	Учебные занятия, направленные на проведение текущего контроля успеваемости коллоквиумы, практические контрольные занятия и др)*	Всего	Выполнение домашних заданий	Подготовка рефератов и т.п..	Всего
Раздел 1. Фундаментальные закономерности протекания электрохимических процессов	15	8	-	1	-	-	9	2	-	6
Раздел 2. Термодинамические и кинетические аспекты электрохимических реакций	15	8	-	1	-	-	9	2	-	6

Раздел 3. Электрохимические методы анализа	19	12	-	1	-	-	13	2	-	6
Раздел 4. Коррозия	23	14	-	1	-	-	15	2	-	8
Раздел 5. Электрокатализ	22	12	-	2	-	-	14	2	-	8
Промежуточная аттестация зачет	14		2					12		
Итого	108	54		6		-	62			46

10. Учебно-методические материалы для самостоятельной работы аспирантов.

Аспирантам предоставляется программа курса, план занятий и перечень домашних заданий. По теме каждой лекции указывается материал в источниках из списков основной и вспомогательной литературы, а также из интернет-ресурсов. Аспиранты также снабжаются инструкциями по работе с приборами, используемыми при изучении электрохимических и электрокаталитических процессов.

11. Ресурсное обеспечение:

- Перечень основной и вспомогательной учебной литературы ко всему курсу

Основная литература

22. Ф. Миомандр, С. Садки, П. Одебер, Р. Малле-Рено. Электрохимия. Техносфера. Москва. 2008. 359 с.

23. Г. Кеше. Коррозия металлов. М. Металлургия. 1984. 400 с.

24. Б. Б. Дамаскин, О. А. Петрий, Г. А. Цирлина ЭЛЕКТРОХИМИЯ. Москва «Химия» «КолосС» 2006. 670 с.

Вспомогательная литература

1. Шалдаев В.С., Малофеева А.Н., Давыдов А.Д. Влияние вращения электрода на питтинговое нарушение пассивности металла в растворе хлорида натрия. Электрохимия. Т. 48, № 11. 2012. С. 1139.

Периодическая литература

Журналы "Журнал электрохимии", "Protection of Metals and Physical Chemistry of Surfaces"

Интернет-ресурсы

Сайт журнала "Protection of Metals and Physical Chemistry of Surfaces": <http://rd.springer.com/journal/11124>

Сайт журнала "Russian Journal of Electrochemistry": <http://rd.springer.com/journal/11175>

- Перечень используемых информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса, включая программное обеспечение, информационные справочные системы (при необходимости):

Базы данных и информационные системы:

materials.springer.com

NIST <http://www.nist.gov>

- Описание материально-технической базы.

Лекционные занятия проводятся в аудитории, оборудованной презентационной техникой. Лекции-демонстрации проводятся в аудитории, оснащенной компьютерами (компьютерном классе).

Вспомогательный материал в виде презентаций доступен аспирантам на сайте химического факультета <http://chem.msu.ru/>

12. Язык преподавания - русский

13. Преподаватели

профессор, доктор химических наук Сергей Федорович Дунаев, E-mail: dunaev@general.chem.msu.ru, тел.: (495)9391596

профессор, доктор химических наук Виктор Алексеевич Сафонов

доцент, кандидат химических наук Лариса Александровна Фишгойт

профессор, доктор химических наук Леонид Модестович Кустов

Фонды оценочных средств, необходимые для оценки результатов обучения

1. Планируемые результаты обучения для формирования компетенций п.5 и соответствующие им критерии оценивания приведены в Приложении 8.

2 Примеры контрольных вопросов:

1. Назовите факторы, определяющие подвижность ионов в растворах.
2. Приведите примеры влияния кинетических факторов на форму поляризационной кривой.
3. Перечислите важнейшие механизмы электрохимических реакций.
4. Назовите типы неравномерной и гальванической коррозии.
5. Опишите процедуру анодирования металлических поверхностей.
6. Охарактеризуйте роль диффузии и двойного электрического слоя в кинетике электрокатализа.
7. Приведите примеры кинетических уравнений электрокаталитических процессов
8. Какие цели достигаются химическим модифицированием электродов в электрокатализе?

3 Примеры домашних заданий:

1. Самостоятельно изучите по периодической литературе способы получения защитных покрытий на поверхности металла
2. Самостоятельно изучите по периодической литературе примеры использования активной катодной защиты от коррозии
3. Самостоятельно изучите по периодической литературе примеры использования ингибиторов коррозии
4. Самостоятельно изучите по периодической литературе примеры механизмов электрокаталитических процессов

4 Полный перечень вопросов к зачёту:

1. Формирование электродного потенциала.
2. Фарадеевские и нефарадеевские процессы.
3. Модели двойного электрического слоя. Емкость двойного электрического слоя.
4. Потенциал нулевого заряда. Электрохимическое равновесие.
5. Механизмы электрохимических реакций. Модель Батлера-Фольмера.
6. Механизмы электрохимических реакций. «Внешнесферный» электронный перенос. Модель Маркуса.
7. Перенос вещества. Общее уравнение Нернста – Планка.
8. Установившийся и переходный режимы.
9. Уравнение поляризационной кривой. Влияние кинетических факторов на форму кривой.
10. Потенциометрия. Амперометрия. Кулонометрия.
11. Вольтамперометрия на твердом электроде. Вращающийся дисковый электрод.
12. Импульсная полярография.
13. Анализ механизмов протекающих реакций. Области применения стационарных методов.
14. Нестационарные методы. Явление массопереноса. Второй закон Фика.
15. Линейная и циклическая вольтамперометрия. Хроноамперометрия.
16. Природа и типы коррозии. Скорость электрохимической коррозии. Прогнозирование коррозии.
17. Кинетика электрохимической коррозии. Сопряженные реакции на электроде.
18. Типы неравномерной и гальванической коррозии. Роль неоднородности в неравномерной коррозии.
19. Методы защиты от коррозии. Нанесение на металл защитного покрытия (пассивный метод).
20. Кинетические уравнения электрокаталитических процессов

Примеры ПКЗ.

Предложите методы и процедуру исследования процесса, протекающего при коррозии

- 1) сплава на основе железа в аэрированной пресной воде;
- 2) легированной стали в аэрированной морской воде;
- 3) низкоуглеродной стали в пресной воде при высокой температуре;
- 4) алюминиево-магниевого сплава в слабокислой водной среде;

- 5) хромо-никелевой стали в щелочной водной среде;
- 6) алюминиевого сплава в слабощелочной водной среде;
- 7) латуни в кислой среде

Методические материалы для проведения процедур оценивания результатов обучения

Зачет проводится по билетам; билет включает 2 вопроса, а также практическое контрольное задание (ПКЗ). Для подготовки ответа аспирант использует экзаменационные листы, которые сохраняются после приема экзамена в течение года. На каждого аспиранта заполняется протокол приема зачета, в который вносятся вопросы билетов и вопросы, заданные соискателю членами комиссии. Уровень знаний аспиранта по каждому вопросу оценивается на «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно». В случае, если на все вопросы был дан ответ, оцененный не ниже чем «удовлетворительно», аспирант получает общую оценку «зачтено». Протокол приема зачета подписывается членами комиссии с указанием их ученой степени, ученого звания, занимаемой должности и специальности согласно номенклатуре специальностей научных работников

Дисциплины, направленные на подготовку к преподавательской деятельности

Рабочая программа дисциплины (модуля)

1. Код и наименование дисциплины (модуля) **ТЕОРИЯ И МЕТОДИКА ОБУЧЕНИЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ И ПРИКЛАДНОЙ ХИМИИ"**
2. Уровень высшего образования – подготовка научно-педагогических кадров в аспирантуре.
3. Направление подготовки 04.06.01 «Химические науки». Направленности программы: Неорганическая химия, Аналитическая химия, Органическая химия, Физическая химия, Электрохимия, Высокомолекулярные соединения, Химия элементоорганических соединений, Химия высоких энергий, Биоорганическая химия, Коллоидная химия, Нефтехимия, Радиохимия, Кинетика и катализ, Медицинская химия, Математическая и квантовая химия, Химия твердого тела, Биотехнология (в том числе, бионанотехнология)
4. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП (вариативная часть блока 1 – индекс 1.6) и тип дисциплины (модуля) по характеру ее освоения (дисциплина по выбору обучающегося во втором семестре первого года обучения).
5. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

Формируемые компетенции (код компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)
УК-5	У1 (УК-5) Уметь формулировать цели личностного и профессионального развития и условия их достижения, исходя из тенденций развития области профессиональной деятельности, этапов профессионального роста, индивидуально-личностных особенностей. З (УК-5) -1 Знать содержание процесса целеполагания профессионального и личностного развития, его особенности и способы реализации при решении профессиональных задач, исходя из этапов карьерного роста и требований рынка труда.
ОПК-3	В1 (ОПК-3)-1 Владеть технологией проектирования образовательного процесса на уровне высшего образования У1 (ОПК-3) Уметь осуществлять отбор и использовать оптимальные методы преподавания З1 (ОПК-3) Знать нормативно-правовые основы преподавательской деятельности в системе высшего образования

6. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся:

Объем дисциплины (модуля) составляет 3 зачетные единицы, всего 108 часов, из которых 36 часов составляет контактная работа аспиранта с преподавателем (36 часов занятия лекционного типа), 72 часа составляет самостоятельная работа аспиранта.

7. Образовательные технологии (отметить, если применяется электронное обучение и дистанционные технологии).

Курс базируется на традиционном лекционном подходе. Активно используются проблемные лекции и лекции-визуализации, элементы групповых дискуссий, подготовка докладов и презентаций, моделирование и разбор педагогических ситуаций.

8. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических или астрономических часов и виды учебных занятий

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе								
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них					Самостоятельная работа обучающегося, часы из них			
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Групповые консультации	Индивидуальные консультации	Учебные занятия, направленные на проведение текущего контроля успеваемости коллоквиумы, практические контрольные занятия и др)*	Всего	Выполнение домашних заданий	Подготовка рефератов и т.п..	Всего
1. Вузовское и школьное химическое образование в России. Цели химического образования. Содержание химического образования.	6	2						4		

Базовый и профильный уровни химии в школе. Программа «Фундаментальная и прикладная химия» в классических университетах. Вузовская химия для химических и нехимических специальностей вузов. Преемственность школьного и вузовского химического образования.										
2. Классификация современных курсов химии. Отбор учебного материала. Взаимосвязь с другими учебными курсами. Учебно-методические комплексы по химии в школе и в классическом университете – учебник, практикум, сборник задач и упражнений, рабочие материалы. Проблема школьного и вузовского учебника по химии.	6	2						4		
3. Основные направления работы школы и вуза. Учебная, методическая работа, организационно-	12	4						8		

методическая работа преподавателя в школе и в вузе; их формы и особенности каждого направления. Олимпиадный подход в обучении химии.										
4. Организационные формы обучения химии в школе и в вузе. Урок – основная форма обучения в школе. Лекционно-семинарская система обучения в вузе. Система организационных форм обучения химии в классическом университете на примере курсов химии для химических и нехимических специальностей.	12	4						8		
5. Средства обучения химии в школе и в вузе. Информационные технологии в обучении химии в школе и в вузе. Дистанционная поддержка очного обучения химии. Моделирование в среднем и высшем химическом образовании. Химический эксперимент в средней	12	4						8		

и в высшей школе. Мысленный эксперимент. Кабинет химии в школе и помещение практикума и химической лаборатории в вузе. Методические особенности работы лаборанта в школе и помощника лектора (лекционного ассистента) в вузе.										
6. Обзор методов обучения химии. Личностно-ориентированный подход в преподавании – основа современного образования. Знания, их типы, функции знаний, значение знаний.	12	4						8		
7. Методика решения химических задач. Основные типы химических задач в школе и в вузе. Задачи различного уровня сложности: от элементарных до олимпиадных и исследовательских	12	4						8		
8. Контроль результатов обучения. Организационные формы и	12	4						8		

типы контроля. Способы контроля. Система задач и упражнений. Обработка результатов контроля знаний. Рейтинговая система оценки знаний по химии, использование ее при обучении химии в школе и в вузе.										
9. Самостоятельная работа обучающихся в школе и в вузе как метод и как форма обучения. Виды самостоятельной работы. Организация самостоятельной работы. Домашняя и внеклассная учебная деятельность. Внеурочная деятельность – элективные и факультативные занятия, олимпиады, исследовательская работа школьников.	12	4						8		
10. Научно-исследовательская деятельность в школе и в вузе. Проектная деятельность школьников по химии. НИР студентов; реферативные кур-	6	2						4		

совые, дипломные работы, доклады, тезисы докладов, научные статьи. Методические аспекты руководства проектами и научно-исследовательской работой.										
11. Правовые и экономические вопросы школьного и вузовского химического образования. «Болевые точки» современного химического образования. Профессиональный стандарт школьного и вузовского педагога. Подготовка и повышение квалификации преподавателей химии в высшей и в средней школе.	6	2						4		
Промежуточная аттестация: зачет с оценкой) **	108	36						72		
Итого										

10. Учебно-методические материалы для самостоятельной работы аспирантов.
Конспекты лекций, рекомендуемая литература и интернет-источники.

11. Ресурсное обеспечение:

- Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная литература

Зайцев О.С. Практическая методика обучения химии в средней и высшей школе Учебник М.: Издательство КАРТЭК, 2012.

Естественнонаучное образование: вызовы и перспективы. Сборник / Под общей ред. академика В.В.Лунина и проф. Н.Е.Кузьменко. — Издательство Московского университета Москва, 2013

Естественнонаучное образование: взаимодействие средней и высшей школы. Сборник / Под общей ред. академика РАН, проф. В.В. Лунина и проф. Н.Е. Кузьменко. — Издательство Московского университета Москва, 2012

Естественнонаучное образование : тенденции развития в России и в мире / Под редакцией проф. В.В. Лунина и проф. Н.Е. Кузьменко. — Издательство Московского университета Москва Москва, 2011

Современные тенденции развития естественнонаучного образования: фундаментальное университетское образование / Под общей ред. В.В. Лунина. — Изд-во Моск. ун-та Москва Москва, 2010

Современные тенденции развития химического образования: фундаментальность и качество. Под общей редакцией академика РАН профессора В.В.Лунина. — Издательство Московского университета, 2009

Современные тенденции развития химического образования: интеграционные процессы. — Издательство МГУ, 2008

Современные тенденции развития химического образования: работа с одаренными школьниками. Сборник. Под общей ред. В.В. Лунина. — Изд-во Моск. ун-та Москва, 2007

Дистанционные курсы подготовки абитуриентов на химическом факультете МГУ им. М.В. Ломоносова // Современные тенденции развития химического образования: от школы к Вузу. — Издательство Московского университета Москва, 2006

Современные тенденции развития химического образования / под ред.: В.В.Лунина. — Univers Pedagogic Кишинэу, 2005

Попков В.А., Коржуев А.В. Теория и практика высшего профессионального образования. — Академический Проект Москва, 2004

Чернобельская Г.М. Методика обучения химии в средней школе.: Учеб. для студ. высш. учебных заведений. М.: Владос. 2000.

Дополнительная литература

Учебники по химии из серии «Классический университетский учебник» <http://www.msu.ru/study/kuu.html>

Кузьменко Н., Еремин В., Попков В. Начала химии. Современный курс для поступающих в вузы. — Экзамен Москва, 2010

Вступительные экзамены и олимпиады по химии: опыт Московского университета. Учебное пособие / Н. Кузьменко, В. Теренин, О. Рыжова и др. — Издательство Московского Университета Москва, 2011

Периодическая литература

1. Химия в школе. Журнал.

2. Вестник Московского университета. Серия 20. Педагогическое образование. Журнал

- Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Сайт Минобрнауки России минобрнауки.рф

Федеральный портал «Российское образование» <http://www.edu.ru/>
Портал Российского Совета олимпиад школьников <http://www.rsr-olymp.ru/>
Сайт факультета педагогического образования МГУ <http://fpo.msu.ru/>
Сайт химического факультета МГУ www.chem.msu.ru

- Перечень используемых информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса, включая программное обеспечение, информационные справочные системы (при необходимости):
Лекции сопровождаются презентациями, проводятся on-line и off-line консультации с обучающимися.
- Описание материально-технической базы.
Наличие специально оборудованной аудитории для мультимедийных презентаций.
Доступ аспирантов к Интернет-ресурсам обеспечивается точками доступа на факультете, а также на рабочих местах аспирантов и из библиотеки химического факультета МГУ.

12. Язык преподавания.
Русский

13. Преподаватели:
Кузьменко Николай Егорович – профессор, д.ф.-м.н., к.х.н.
Тюльков Игорь Александрович – доцент, к.пед.н.

Фонды оценочных средств, необходимые для оценки результатов обучения

1. **Планируемые результаты обучения** для формирования компетенций п.5 и соответствующие им критерии оценивания приведены в Приложении 8.

2. Примеры докладов (для домашних заданий)

- 1) Общее и отличие в содержании курсов химии для химических и нехимических специальностей вузов
- 2) Краткий анализ УМК по химии (на выбор обучающегося)
- 3) Лекционно-семинарская система обучения в вузе (на примере кафедры, на которой учится аспирант)
- 4) Роль место, структура и образовательные задачи химических олимпиад в школе и в вузе
- 5) Лекция как основная форма организации обучения в высшей школе.
- 6) Педагогические основы организации семинарских и практических занятий в высшей школе.
- 7) Самостоятельная работа студентов: сущность и содержание.

8) Научно-исследовательская деятельность школьников и студентов.

9) Контроль в системе высшего образования: функции, виды, формы.

Моделирование и разбор ситуаций, возникающих в учебном процессе (*ситуации выбора, многоальтернативности решений, проблемной ситуации, задания на оценку последствий принятых решений*)

- Студент опоздал на лекцию

- Студент пришел без халата на практикум

- Конфликтная ситуация на экзамене из-за несогласия с оценкой

Вопросы для самостоятельной работы:

1. Охарактеризуйте структуру и построение курса химии (на выбор обучающегося).
2. ФГОС общего и высшего образования в части химического образования. Примерная и рабочая программы.
3. Выделите и охарактеризуйте параметры вузовской программы по химии.
4. Охарактеризуйте роль учебного предмета химии в решении системы задач ФГОС.
5. Факторы, определяющие выбор метода обучения химии.
6. Виды химического эксперимента в учебном процессе по химии в вузе.
7. Подготовка вузовского преподавателя к занятию по химии.
8. Требования к олимпиадным задачам различного уровня на конкретных примерах.
9. Проанализируйте содержание любой темы и разработайте систему самостоятельных проверочных и аудиторных контрольных работ, которые можно провести при ее изучении, закреплении и обобщении.
10. Опорные знания, необходимые для введения различных тем курса химии в вузе (на примере содержательных блоков теоретической, неорганической и органической химии).

Темы рефератов для промежуточной аттестации:

«Специализация студентов и аспирантов на кафедре * химического факультета МГУ»**

Вопросы по реферату:

Анализ учебного плана – дисциплины, краткий анализ содержания, формы обучения, объем

Подходы к подготовке курсовых и дипломных работ студентов (положения, требования, рекомендации, опыт своей работы)

Интеграция научно-исследовательской и учебной работы в рамках специализации

Рабочая программа дисциплины (модуля)

1. Код и наименование дисциплины (модуля) **«Информационно-коммуникационные технологии в образовании»**
2. Уровень высшего образования – подготовка научно-педагогических кадров в аспирантуре.
3. Направление подготовки 04.06.01 «Химические науки». Направленности программы: Неорганическая химия, Аналитическая химия, Органическая химия, Физическая химия, Электрохимия, Высокомолекулярные соединения, Химия элементоорганических соединений, Химия высоких энергий, Биоорганическая химия, Коллоидная химия, Нефтехимия, Радиохимия, Кинетика и катализ, Медицинская химия, Математическая и квантовая химия, Химия твердого тела, Биотехнология (в том числе, бионанотехнология)
4. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП и тип дисциплины (модуля) по характеру ее освоения.
Модуль, направленный на подготовку к преподавательской деятельности. Вариативная часть ООП, дисциплина (модуль), которую учащийся может освоить на выбор из списка предложенных в период обучения, отмеченный в базовом учебном плане.
5. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

Формируемые компетенции (код компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)
ОПК-1	31 (ОПК-1) Знать: современные способы использования информационно-коммуникационных технологий в выбранной сфере деятельности
ОПК-3	31(ОПК-3) Знать: нормативно-правовые основы преподавательской деятельности в системе высшего образования У1 (ОПК-3) Уметь: осуществлять отбор и использовать оптимальные методы преподавания

6. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся:

Объем дисциплины (модуля) составляет три зачетные единицы, всего 108 часов, из которых часов составляет контактная работа аспиранта с преподавателем 30 часов занятия лекционного типа, 6 часов занятия семинарского типа (семинары, научно-практические заня-

тия, лабораторные работы и т.п.), 2 часов групповые консультации, 2 часов индивидуальные консультации, 4 часов мероприятия текущего контроля успеваемости), 64 часов составляет самостоятельная работа аспиранта.

7. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия.
Должна быть уже освоена дисциплина «Информатика».

8. Образовательные технологии (отметить если применяется электронное обучение и дистанционные технологии).
Применяются электронное обучение и дистанционные образовательные технологии.

9. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических или астрономических часов и виды учебных занятий

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе								
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них						Самостоятельная работа обучающегося, часы из них		
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Групповые консультации	Индивидуальные консультации	Учебные занятия, направленные на проведение текущего контроля успеваемости коллоквиумы, практические контрольные занятия и др)*	Всего	Выполнение домашних заданий	Подготовка рефератов и т.п..	Всего
Тема 1. Информационно-коммуникационные технологии (ИКТ) в химическом образовании. Определение и основные понятия.	8	4					4	4		4

Определение и основные понятия: электронные образовательные ресурсы, дистанционные образовательные технологии, электронное обучение и др. История и современное состояние дел, перспективы. Причины, различные подходы и примеры внедрения ИКТ в высшем образовании в России и за рубежом. Нормативно-правовая база применения ИКТ в высшем образовании в РФ. Опыт внедрения ИКТ на химическом факультете МГУ с 1994 г.										
Тема 2. Электронные образовательные ресурсы (ЭОР) и электронные библиотеки. Электронные образовательные ресурсы (учебные материалы) и их роль в естест-	14	6					6	8		8

венно-научном образовании. Интерактивность в электронных образовательных ресурсах. Знакомство с программным обеспечением (ПО) и стандартами разработки ЭОР. Электронные библиотеки. Открытые электронные библиотеки российских и зарубежных университетов. Библиотеки видеоресурсов. Ресурсы МГУ. Открытая электронная библиотека химического факультета «Chemnet».										
Тема 3. Электронные ресурсы и авторское право.	4	2					2	2		2
Тема 4. Электронное обучение (ЭО) и дистанционные образовательные технологии (ДОТ). Краткая история темы, современное состояние дел и	8	4					4	4		4

возможные перспективы. Основные понятия. Понятия «дистанционное обучение» и «смешанное обучение». Психологические особенности процесса дистанционного обучения. Нормативно-правовая база организации электронного обучения и применения дистанционных образовательных технологий в РФ. Специфика применения в химии и других естественных науках. Опыт применения ЭО и ДОТ в образовательной деятельности на химическом факультете МГУ.										
Тема 5. Онлайн коммуникации в образовании. Вебинары, видеоконференции и онлайн вещание – как вариант реализации синхронного подхода использования ДОТ в обучении. Программ-	14	4	2				6	8		8

но-аппаратное обеспечение для онлайн-мероприятий Технические и организационные требования к онлайн-мероприятиям, требования к ведущему и др. Практическое проведение вебинаров и участие в нем учащихся в ролях слушателя, лектора и организатора.										
Тема 6. Виртуальные миры в образовании. Понятие виртуального мира, история развития технологии, преимущества и примеры использования в образовании. Психологические особенности поведения учащихся в виртуальном мире. Практическое знакомство с ПО виртуальных миров vAcademia и принципами проведения онлайн-мероприятия в нем: подготовка вир-	12	4	2				6	6		6

туальной аудитории, сценария мероприятия и учебных материалов к нему, проведением онлайн-семинара в виртуальной аудитории, осуществление записи мероприятия.										
Тема 7. Разработка электронного учебного курса и организации процесса обучения. ПО системы управления обучением. Специфика курсов для дистанционного и смешанного обучения. Проектирование курса. Знакомство с открытой свободно распространяемой системой управления обучением Moodle. Принципы работы и взаимодействия с учащимися и курсами. Создание раздела учебного курса в системе Moodle. Загрузка учебных материалов в курс и создание ин-	16	4	2				6	10		10

теративных элементов курса средствами Moodle. Проблема переносимости ЭОР и стандарты SCORM и др.и Организация учебного процесса на базе Moodle. Другие средства разработки ЭОР и электронных курсов.										
Тема 8. Перспективы развития ИКТ в образовании. Массовые учебные онлайн-курсы с открытым доступом. Massive Open Online Courses (MOOC), мобильное обучение, социальные сети и др.	4	2					2	2		2
Подготовка к выпускной работе (разработка краткого электронного курса по выбранной теме)	24			2	2		4		20	20
Защита выпускной работы по курсу	4					4	4			
Промежуточная ат-										

тестация										
Итого	108	30	6	2	2	4	44	44	20	64

10. Учебно-методические материалы для самостоятельной работы аспирантов.

При подготовке к занятиям и при выполнении домашних заданий, учащиеся пользуются материалами лекций, рекомендуемой литературой, нормативной документацией, технической документацией и инструкциями разработчиков программного обеспечения, используемого в курсе. Последовательность прохождения материала, ссылки на дополнительные источники информации и Интернет-ресурсы, домашние задания представлены в электронной курсе, размещенном в электронной среде обучения химического факультета по адресу (<http://vle3.chem.msu.ru/course/index.php?categoryid=3>). В рамках работы с электронным курсом учащиеся имеют возможность консультироваться с преподавателем в индивидуальном режиме посредством переписки или в групповом режиме посредством вебинаров, в случае необходимости. В обязательном порядке в соответствии с расписанием курса учащиеся загружают на сервер выполненные домашние задания, получают за них оценки и комментарии преподавателя.

11. Ресурсное обеспечение:

- Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная литература

- Ибрагимов И.М.; под ред. Ковшова А.Н. Информационные технологии и средства дистанционного обучения. М.: Академия, 2007. 336 с.
- Андреев А.В., Андреева С.В, Доценко И.Б. Практика электронного обучения с использованием Moodle. Таганрог: Изд-во. ТТИ ЮФУ, 2008. 146 с.
- Федеральный закон об образовании в Российской Федерации
[http://www.consultant.ru/document/cons_doc_law_140174/]

Дополнительная литература

- Дерябина Г.И., Лосев В.Ю., Вишняков В.В. Создание электронных учебных курсов. Самара: Универс-Групп, 2006. – 31 с.
URL: http://media.ssu.samara.ru/files/9/269_%C7%E0%EA%E0%E7%20425.pdf (: 15.09.2015).
- А.И. Евсеев, А.Н. Савкин Ю.В.Е. Разработка электронных образовательных ресурсов. Психолого- дидактические вопросы познавательной (учебной) деятельности: методическое пособие [Electronic resource] // Издательство МЭИ. 2009. Р. 116. URL: <http://cnit.mpei.ac.ru/fpkp/project.pdf> (accessed: 15.09.2015).
- Каптерев А., Мастерство презентации. Как создавать презентации, которые могут изменить мир/ пер. с англ. С. Кировой. 2-е изд. М.: Манн, Иванов и Фарбер, Эксмо, 2013 г., 336 с.

- Полат Е. С. Педагогические технологии дистанционного обучения / Е. С. Полат, М. В. Моисеева, А. Е. Петров; под ред. Е. С. Полат. — М.: Академия, 2006.
[http://www.academia-moscow.ru/ftp_share/_books/fragments/fragment_4773.pdf]
- Fusion of Smart, Multimedia and Computer Gaming Technologies / ed. Sharma D. et al. Cham: Springer International Publishing, 2015. Vol. 84.
- Learning in 3D: Adding a New Dimension to Enterprise Learning and Collaboration - Karl M. Kapp, Tony O'Driscoll/Wiley, 2010. 416 p.
- ГОСТ Р 52653-2006. Информационно-коммуникационные технологии в образовании.
ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ
<http://docs.cntd.ru/document/gost-r-52653-2006>
- ГОСТ Р 53620-2009. Информационно-коммуникационные технологии в образовании
ЭЛЕКТРОННЫЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ.
<http://docs.cntd.ru/document/gost-r-53620-2009>
- Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»
 - Электронная библиотека учебных материалов по химии Химического факультета МГУ
<http://www.chem.msu.ru/rus/elibrary/welcome.html>
 - Электронная среда обучения химического факультета МГУ (сервер дистанционного обучения)
<http://vle3.chem.msu.ru/>
 - Документация по ПО Moodle
https://docs.moodle.org/29/en/Main_page
 - Сайт сервиса виртуальных миров vAcademia
www.vacademia.com
 - «e-Learning PRO». Сообщество профессионалов, работающих в области электронного обучения в России
<http://www.elearningpro.ru>
 - MIT OpenCourseWare. Коллекция открытых образовательных ресурсов Массачусетского технологического университета (США)
<http://ocw.mit.edu/>
 - Национальная платформа открытого образования (курсы ведущих вузов России с открытым доступом)
<https://openedu.ru/>
 - «Coursera». Открытые онлайн-курсы для дистанционного обучения от университетов и образовательных организаций мира
<https://www.coursera.org/>

- «edEX» Открытые онлайн-курсы для дистанционного обучения от ведущих университетов мира.
<https://www.edx.org/>
- Перечень используемых информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса, включая программное обеспечение, информационные справочные системы (при необходимости):
 - сеть Интернет,
 - Интернет-сервис проведения вебинаров,
 - Интернет-сервис виртуальных миров мира.
- Описание материально-технической базы.
 - Мультимедийный класс, оснащенный компьютеризированными рабочими местами, интерактивной доской, компьютерной сетью с выходом в Интернет.
 - Электронная среда обучения химического факультета, функционирующая на базе свободно распространяемого программного обеспечения Moodle.

12. Язык преподавания.

Русский.

13. Преподаватель (преподаватели).

Миняйлов Владимир Викторович, кандидат химических наук, старший научный сотрудник химического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова (minaylov@excite.chem.msu.ru)

Фонды оценочных средств, необходимые для оценки результатов обучения

1. Планируемые результаты обучения для формирования компетенций п.5 и соответствующие им критерии оценивания приведены в Приложении 8.
2. Пример комбинированного задания на знание (типы ресурсов), умение (классифицировать ресурсы), владение (поиск ресурсов).
«Найдите в Интернете и представьте список Интернет-ресурсов по теме Вашей научной работы или другой области научных интересов, разделив их по категориям (как можно больше): а) текстовые материалы, б) презентации, в) видеоресурсы, в) интерактивные модели, тренажеры и симуляторы г) тесты для самопроверки и не только, д) базы данных, е) книги, ж) периодические издания, з) курсы МООС.»
3. Пример комплексного ПКЗ.
«Самостоятельная организация и проведение вебинара.

- a. «Для выполнения данного задания Вам понадобится: компьютер, вебкамера, колонки и микрофон, а лучше гарнитура (наушники с микрофоном), подключение к Интернет.
 - b. Создайте (запланируйте) вебинар (мероприятие). Проведите его для друзей, или, если такой возможности нет - для себя. Обязательно в вебинаре используйте презентацию, остальные инструменты – по мере желания и необходимости.
 - c. Инструкция по работе с сервисом вебинаров опубликована в электронном курсе»
 - d. Пример вебинара также приведен в курсе: «Пример вебинара. Проф. С.З. Вацадзе. "Ароматичность, ч.2". Лекция для аспирантов»
 - e. Проведите вебинар! Сделайте доклад о теме Вашей дипломной или диссертационной работы
 - f. Обязательно при проведении вебинара включите запись!
 - g. По окончании вебинара конвертируйте запись «в видео» и загрузите видео себе на локальный компьютер.
 - h. Будьте внимательны. Запись вебинара в тестовом аккаунте храниться, как правило, не дольше действия тестового периода.
 - i. Опубликуйте видео записи вебинара на сервисе Youtube. Ссылку на видео разместите здесь в качестве ответа на задание.
 - j. Удачи!»
4. Пример комплексного ПКЗ.
- Самостоятельная организация и семинара в виртуальном мире vAcademia
- a. «Создайте/запланируйте занятие в системе vAcademia.
 - b. Отправьте приглашения на занятия преподавателям.»

Методические материалы для проведения процедур оценивания результатов обучения

Оценивание результатов обучения (текущий контроль успеваемости) ведётся по пятибалльной шкале или системе «зачёт-незачёт». Успешным прохождением контрольного мероприятия считается получение отметки «зачёт» или балла, не меньшего 3. Промежуточная аттестация в форме зачёта считается пройденной при успешном прохождении 80% мероприятий текущего контроля успеваемости и успешной защиты выпускной работы по курсу (с оценкой не ниже «3»).

Рабочая программа дисциплины

1. Код и наименование дисциплины **Электронное обучение в деятельности преподавателя**
2. Уровень высшего образования – подготовка научно-педагогических кадров в аспирантуре.
3. Направление подготовки 04.06.01 Химические науки. Направленности программы: Неорганическая химия, Аналитическая химия, Органическая химия, Физическая химия, Электрохимия, Высокомолекулярные соединения, Химия элементоорганических соединений, Химия высоких энергий, Биоорганическая химия, Коллоидная химия, Нефтехимия, Радиохимия, Кинетика и катализ, Медицинская химия, Математическая и квантовая химия, Химия твердого тела, Биотехнология (в том числе, бионанотехнология)
4. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП
Вариативная часть ООП, дисциплина (модуль), которую учащийся может освоить на выбор из списка предложенных в период обучения, отмеченный в базовом учебном плане.
5. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников).

Формируемые компетенции (код компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)
ОПК-3	ВЛАДЕТЬ: технологией проектирования образовательного процесса на уровне высшего образования В1 (ОПК-3)-1
	УМЕТЬ: осуществлять отбор и использовать оптимальные методы преподавания У1 (ОПК-3)
	ЗНАТЬ: нормативно-правовые основы преподавательской деятельности в системе высшего образования З1 (ОПК-3)

6. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся:

Объем дисциплины (модуля) составляет 3 зачетных единиц, всего 108 часов, из которых 48 часов составляет контактная работа аспиранта с преподавателем (36 часов - занятия лекционного типа, 6 часа мероприятия текущего контроля успеваемости, 6 мероприятия промежуточной аттестации), 60 часов составляет самостоятельная работа аспиранта.

7. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия.

Уверенное владение навыками пользователя персонального компьютера, опыт работы в среде интернета.

8. Образовательные технологии.

Используются следующие технологии: элементы электронного обучения, разработан электронный учебно-методический комплекс для поддержки обучения, размещенный по адресу: <http://vle3.chem.msu.ru/course/index.php?categoryid=3>., в процессе обучения на сайте формируется портфолио обучающихся.

9. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических или астрономических часов и виды учебных занятий

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе								
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них						Самостоятельная работа обучающегося, часы из них		
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Групповые консультации	Индивидуальные консультации	Учебные занятия, направленные на проведение текущего контроля успеваемости коллоквиумы, практические контрольные занятия и др)*	Всего	Выполнение домашних практических заданий и участие в дистанционных семинарах	Подготовка итоговой работы в виде презентации и т.п..	Всего
Модуль 1. Сущность электронного обуче-	20	6	-	-	-	2	8	10	-	10

ния. Письменные ответы по теме.										
Модуль 2. Программ- ные системы для раз- работки электронных ЭОР	40	14	-	-	-	2	16	20	-	20
Модуль 3. Особенно- сти образовательного процесса с использо- ванием электронного обучения	30	16	-	-	-	2	18	20	-	20
Промежуточная ат- тестация зачет	18		6					12		
Итого	108	36	-	-	-	6	48			60

10. Учебно-методические материалы для самостоятельной работы аспирантов.

Электронный учебно-методический комплекс для поддержки обучения, размещенный по адресу:

<http://vle3.chem.msu.ru/course/index.php?categoryid=3>, содержит программу курса, календарный план занятий и перечень заданий для самостоятельной работы. По теме каждого занятия размещены учебные материалы, источники из списков основной и вспомогательной литературы, а также ссылки на интернет-ресурсы. Аспиранты также снабжаются инструкциями по работе с программным обеспечением, используемым при создании сетевых курсов.

11. Ресурсное обеспечение:

- Перечень основной и вспомогательной учебной литературы ко всему курсу

Основная литература

1. Андреев, А.А. Обзор телекоммуникаций в образовании. Публикация в сети ИНТЕРНЕТ на сервере Центра информатизации Минобразования ИНФОРМИКА. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: [http:// www.informika.ru/windows/inftecn/intertecn / listint / html\(14.06.2014\)](http://www.informika.ru/windows/inftecn/intertecn/listint/html(14.06.2014))

2. Соловов, А. В. Математическое моделирование содержания, навигации и процессов электронного обучения в контексте международных стандартов и спецификаций. Лекция-доклад / Труды Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Информационные технологии в обеспечении нового качества высшего образования (14-15 апреля 2010 г., Москва, НИТУ «МИСиС»». – М.: Исследовательский центр проблем качества подготовки специалистов, 2010. - 52 с
3. Тихомиров В.П.: Электронное обучение в информационном обществе. Новая парадигма в образования. Новые возможности для модернизации России: Презентация к докладу // VIII Тверской социально-экономический форум "Информационное сообщество", 30 июня - 1 июля 2011 г., Тверь. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gosbook.ru/node/27900>
4. Русско-английский глоссарий по информационному обществу. О.Н.Вершинская, Ю.Д.Волынский и др. / Совместный проект Британского Совета в России, Института развития информационного общества и проекта "Российский портал развития". [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.iis.ru/glossary/index.html> (20.04.2014)
5. Edition of Emerging E-Learning Content Report Now Available [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://brandon-hall.com/blogs/news/2007/05/2007-edition-of-emerging-e-learning-content-report-now-available/>(15.06.2014)
6. Shepherd, C. Web-based training: doing it for yourself // Fastrak Consulting [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.fastrak-consulting.co.uk/tactix/features.htm> (19.06.2014)

Дополнительная литература

7. Нежурина М.И. результаты инновационного проекта подготовки ИТ-элиты: опыт института информационных бизнес-систем НИТУ «МИСиС»// Телематика 2012: XIX Всероссийская научно-методическая конференция (Секция "С. Инновационные проекты в области ИТ") [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://tm.ifmo.ru/tm2012/db/doc/get_thes.php?id=135 (01.11.2014)
8. Полат, Е. С. К проблеме определения эффективности дистанционной формы обучения // Открытое образование. – 2005. – № 3. – С. 71-77.
9. Соловов, А. В. Организационные аспекты электронного дистанционного обучения // Высшее образование в России. 2007. № 12. С. 89-94.
10. Соловов, А. В. Электронное обучение: проблематика, дидактика, технология. – Самара: «Новая техника», 2006. – 462 с.
11. Тихомирова, Н. В. Управление современным распределенным университетом: концепция, инструменты, методы //Высшее образование в России, 2010, № 4. С.8- 16.
12. Тихомирова, Н. В., Кочерга, С. А. Проблемы развития российской законодательной и нормативно-правовой базы в области дистанционных образовательных технологий // Дистанционные образовательные технологии. Проблемы, опыт, перспективы развития. Сборник статей. – М.: Изд-во ФИРО, 2008.
13. Андрюшкова, О.В., Казанская, О.В. Высшее образование и комбинированная форма обучения // Открытое и дистанционное образование. – 2006. – № 4 (24). – С. 5-13.
14. Нечаев, В. В. Интегрированные образовательные информационные ресурсы : аналитический доклад / В. В. Нечаев, А. П. Косяков, А. М. Холопова. - Москва : ИЦПКПС, 2010. - 42 с.
15. Паршукова, Г. Б. Информационно-коммуникационная компетенция преподавателя: учеб. пособие / Г. Б. Паршукова, М. А. Бовтенко ; Новосиб. гос. техн. ун-т, Ин-т дистанц. образования. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2005. – 148 с.

16. Паршукова, Г. Б. Медиапространство современного образования / Г. Б. Паршукова // Социальные коммуникации и эволюция обществ: сб. ст. III Междунар. науч.-практ. конф. Новосибирск, 26-27 сентября 2011г./ под ред. Г.Б. Паршуковой; сост. : В.А. Лопатина; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2011. - С. 59-64
17. Паршукова, Г. Б. Специализация подготовки абитуриентов на базе электронной среды обучения технического университета / Г. Б. Паршукова, О. В. Андрюшкова, С. Г. Юн // Единая образовательная информационная среда: направления и перспективы развития: Материалы X Международной научно-практической конференции-выставки (Томск, 28-29 сентября 2011г.) - Секция 1. Методологическое, научно-методическое и кадровое обеспечение информатизации образования. - Томск: ООО "Графика ДТР", 2011. - С. 26-27
18. Паршукова, Г. Б. Традиционная и электронная книга: специфика исследовательских подходов (материалы методологического семинара в ГПНТБ СО РАН) / С. Н. Лютов, Г. Б. Паршукова, Е. Н. Савенко, О. Н. Альшевская, Е. И. Дергачева-Скоп, А. Ю. Бородихин, А. В. Шабанов / Г. Б. Паршукова // Библиосфера: научный журнал. - 2011. - № 3. - С. 85-92.
19. Андрюшкова, О. В. Логистика организации электронного обучения в университете / О. В. Андрюшкова, М. В. Леган, Т. А. Яцевич // «Открытое и дистанц. образование». – 2011. – № 4 (44). – С. 5-10.
20. Канава, В. А. Дистанционное обучение в СНГ. Тренды развития 2010-2013: Обзор [Электронный ресурс]: <http://www.smart-edu.com> (14.06.2014)
21. Матвеева, Т. Тренды развития e-learning в СНГ 2010-2013 // Информационно-образовательный портал Ульяновского высшего авиационного училища гражданской авиации (от 12 Май 2010, 13:59) [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://distance.uvauga.ru/mod/forum/discuss.php?d=63> (14.06.2014)
22. Работа преподавателя в электронной образовательной среде НГТУ: учеб. пособие / [О.В. Андрюшкова, Г.Б. Паршукова, О.Н. Протасова, О.В. Казанская]. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2009. – 48 с.
23. Lucas L. Learning Management System (LMS) // e-Learning Consulting Services [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.e-learningconsulting.com/consulting/leolucas.html> (14.06.2014)
24. Интеграция профессионального и общего образования на основе e-Learning / О. Казанская, О. Андрюшкова, Д. Емелин, А. Козлова // Высш. образование в России. – 2007. - № 12. – С. 94-98.
25. Казанская, О. В., Андрюшкова, О. В. Технология комбинированного обучения // Проф. учебник. – 2008. – № 4 (14). – С. 26-29.
26. Электронное обучение в традиционном университете : сб. ст. / Новосиб. гос. техн. ун-т, Ин-т дистанц. образования ; [отв. ред.: Г. Б. Паршукова, О. В. Казанская]. - Новосибирск : НГТУ, 2010. - 133 с.
27. Богомоллов, В. А. Обзор бесплатных систем управления обучением/ Educational Technology & Society 10(3), 2007. С. 460-466. В.А.
28. Гарунов М.Г., Семушина Л.Г., Фокин Ю.Г., Чернышев А.П. Этюды дидактики высшей школы. - М.: НИИ ВО, 1994. -135с.
29. Лернер И.Я. Дидактические основы методов обучения. - М.: Педагогика, 1981 г.
30. Лихачев Б.Г. Педагогика. Курс лекций. Учебное пособие для студентов пед. уч. Заведений и слушателей ИПК и ФПК. – М.: Прометей, 1992.-528 с., с.351-357.
31. Заседатель, В. С., Можаяева, Г. В., Руденко, Т. В. Подготовка кадров в области ИКТ для межрегионального сегмента образовательной информационной среды общего и профессионального образования // Открытое и дистанц. образование. – Томск, 2006. – №1 (21). – С. 29-37.

32. Делез, Ж., Гваттари, Ф. Ризома ("Тысяча плато", глава первая) // Восток: Альманах. – Вып. N 11\12 (35\36), ноябрь-декабрь 2005г [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://www.situation.ru/app/j_art_1023.htm (14.06.2014)
33. Евсеев, А. И. Разработка электронных образовательных ресурсов. Психолого-дидактические вопросы познавательной (учебной) деятельности : метод. пособие по курсу "Дистанц. образоват. технологии" для слушателей фак. повышения квалификации преподавателей и сотрудников и разработчиков электрон. образоват. ресурсов / А. И. Евсеев, А. Н. Савкин, Ю. В. Евсикова ; М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. агентство по образованию, Моск. энергет. ин-т (техн. ун-т). - М. : Изд. дом МЭИ, 2010. - 114, [2] с
34. Коловоротный, С., В. Виртуальная реальность: манипулирование временем и пространством // Статьи по психологии [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.mytests/articles/378/> (21.06.2014)
35. Виртуальная реальность. Компьютерная игра обучает спасателей // Харьков форум [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.kharkovforum.com/showthread.php?t=370078> (21.06.2014)
36. Тренажеры и мультимедийные тренажерные программы. Сторм. Образовательные системы и технологии на море и реке // Каталог продукции [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.100rmsim.ru/product/138.html> (11.11.2014).
37. Филатова Н.Н., Вавилов Н.И. Проектирование мультимедиа тренажеров на основе сценарных моделей представления знаний // Educational Technology & Society 3(4) 2000. - pp. 193-202.
38. Корсаков М.И., Афонин А.С., Капицы В.А. Активные методы обучения (разработка и использование в бизнес – образовании): Практическое руководство. – М., 2001. – 88 с.
39. Владимирский, Е. А. Перспективы развития интернет-технологий и образовательный прогресс // Телекоммуникация и информатизация образования. – 2005.- №1 [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://quality.petrso.ru/files/file/f_file/168.pdf (21.06.2014)
40. Воропаев, А. Н. Электронная книга и электронно-библиотечные системы России : отраслевой доклад / [Воропаев А. Н., Леонтьев К. Б.] ; Федер. агентство по печати и массовым коммуникациям, Упр. период. печати, книгоиздания и полиграфии. - Москва: Федеральное агентство по печати и массовым коммуникациям, 2010. - 59 с.
41. Кузнецов, А. А. Учебник в составе новой информационно-коммуникационной образовательной среды : метод. пособие / А. А. Кузнецов, С. В. Зенкина. - М. : Бином. Лаб. знаний, 2010. - 63 с
42. Миронова, Л. И. Электронные образовательные ресурсы как средство реализации инновационной педагогической технологии в вузе / Л. И. Миронова ; Федер. агентство по образованию, Урал. гос. экон. ун-т. - Екатеринбург: Изд-во Уральского гос. экономического ун-та, 2010. - 196 с.
43. Руденко-Моргун, О. И. Принципы моделирования и реализации электронного учебно-методического комплекса по русскому языку на базе технологий гипермедиа / О. И. Руденко-Моргун ; [Рос. ун-т дружбы народов]. - Москва : РУДН, 2009. - 329, [1] с.
44. Руднев, А. Ю. Разработка и использование электронных учебных изданий / А. Ю. Руднев, В. А. Тегин. - Москва : Книга по требованию : Pubmix, 2012. - 168 с.
45. Шалкина, Т. Н. Электронные учебно-методические комплексы: проектирование, дизайн, инструментальные средства/Т. Н. Шалкина, В. В. Запорожко, А. А. Рычкова. – Омск, 2008. – 160с.

46. Юн, С. Г., Ильин, М. Э. Реализация концепции непрерывного обучения в электронной среде DiSpace // Мир на пути к SMART-обществу : сб. науч. докл. междунар. образоват. форума, 9–10 окт. 2012, Москва, Крокус Экспо. – М., 2012. – С. 117-119.
47. Лившиц, В. М. К истории изучения волн обучения / В. М. Лившиц // Вопр. психологии 2006. – № 6. – С. 160-162
48. Балашова, Ю. В. Психологические особенности применения электронных средств в дистанционном обучении: научно-аналитический обзор / Ю. В. Балашова; Федер. агентство по образованию, Моск. гос. гуманитар. ун-т им. М. А. Шолохова. - Москва : РИЦ, 2009. - 152 с.
49. Григорьева, А.И., Яковлев, А.В. Функционирование компьютерного научно-образовательного центра СПИИПАН (КНОЦ) – обеспечение надежности и безопасности // Дистанц. и вирт. обучение. – 2009. – № 6 – С. 51-61.
50. Разработка и оценка качества учебно-методических материалов НГТУ: нормат. док. / Новосиб. гос. техн. ун-т, Науч.-метод. центр; Сост.: Е.А. Зима, Э.И. Кропотова. – Новосибирск: [Изд-во НГТУ], 2009. – 133 с.
51. Борисова Н.В. От традиционного через модульное к дистанционному образованию. – М.: Домодедово: ВИПК МВД России, 2000. – 174 с.
52. Lifelong Learning – обучение на протяжении всей жизни [Электронный ресурс]: Smart education 2.0 – Режим доступа: <http://www.smart-edu.com/obschie-tendentsii/lifelong-learning.html> (16.11.2012).

- Перечень используемых информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса, включая программное обеспечение, информационные справочные системы (при необходимости):
Официальный сайт системы Moodle: <https://moodle.org>
Сайт вебинаров Mirapolis: <http://virtualroom.ru/>

- Описание материально-технической базы.

Занятия проводятся в аудитории Центра интерактивного образования, оборудованного комплектом интерактивного оборудования в составе:

- Интерактивная доска с короткофокусным проектором Smart Board 685ix
- 3D проектор Mitsubishi XD600U
- 3D очки Xprand 102 (26 штук)
- Персональный компьютер KW_56743_2 Kraftway Credo KW27 - Источник для интерактивной доски

и автоматизированными рабочими местами, комплект в составе:

- Монитор 22" AOC2241vg KW_56743 (25 штук)
- Персональный компьютер KW_56743_2 Kraftway Credo KW21(25 штук).

А также комплектом видеоконференцсвязи в составе:

- Кодек видеоконференцсвязи LifeSize Express 220
- Камера высокой четкости, управляемая LifeSize Camera 200

12. Язык преподавания - русский

13. Преподаватели:

Андрюшкова Ольга Владимировна, к.х.н, доцент, - o.andryushkova@gmail.com

Миняйлов Владимир Викторович, к.х.н., старший научный сотрудник химического факультета МГУ- chemdistanted@gmail.com

Фонды оценочных средств, необходимые для оценки результатов обучения

1. Планируемые результаты обучения для формирования компетенций п.5 и соответствующие им критерии оценивания приведены в Приложении 8.
2. ПКЗ составляет основную часть зачета, оно заключается в выполнении промежуточных практических заданий и дистанционных семинаров, а также итоговой работы по курсу, которая защищается в рамках круглого стола по итогам обучения на курсе. Выполнение ПКЗ является необходимым условием выставления зачета.

Образцы оценочных средств, в виде заданий для практических работ:

Практическое задание №1. Написать эссе, в котором необходимо описать свой личный опыт обучения с использованием ЭО, какие курсы изучали и какова была форма обучения, привести ссылки на курсы, отметить положительные и отрицательные моменты в обучении по своему личному опыту.

Практическое задание №2. Электронное обучение: технология или направление развития современного образования?

Практическое задание №3. Представьте, что Вам надо провести занятие со студентами по одному из разделов химии (на Ваш выбор). Подготовьте блокнот закладок со ссылками на открытые источники по: теоретическим текстовым материалам, обучающим задачам, заданиям, тестам для самопроверки, видеоматериалам, интерактивным моделям, что-то еще на Ваш выбор

Практическое задание №4 по проведению вебинара

Сделайте тестовый аккаунт на сервисе вебинаров Mirapolis (<http://virtualroom.ru/>), или аналогичном. Создайте (запланируйте) вебинар (мероприятие). Проведите его для друзей, или, если такой возможности нет - для себя. Обязательно в вебинаре используйте презентацию. По окончании вебинара конвертируйте запись «в видео» и загрузите ее себе на локальный компьютер. Опубликуйте видео записи вебинара на сервисе Youtube. Ссылку на видео разместите здесь в качестве ответа на задание.

Практическое задание №5: создание занятия в системе vacademia. Создайте/запланируйте занятие в системе vacademia. Отправьте приглашения на занятия преподавателям.

Практическое задание №6: разработать сценарий ролика

1. Придумайте небольшой Flash-ролик для своего курса
2. Дайте название ролику
3. Напишите краткий сценарий (объем 0,5-1 страница)
4. Вставьте его в выпускную работу (презентацию)

Рекомендации по подготовке выпускной работы:

1. Цели использования электронного обучения в университете (1 слайд)
2. Самоанализ компетенций по применению ИКТ в образовательном процессе (1 слайд)
3. Ссылки на имеющийся опыт (benchmarking) в электронном обучении (1-2 слайда, можно использовать ссылки со слайда 6)
4. SWOT - анализ ЭО или КФО или программных средств (вебинаров, виртуальных миров, Moodle) для проведения обучения (1 слайд)
5. Результаты работы в электронной среде обучения (ЭСО) Химического факультета МГУ (приведите скриншоты)
 - 5.1 Разработка структуры курса/ занятия в Moodle
 - 5.2 Подготовка теста в Moodle
 - 5.3 Подготовка сценария для модели или видео
- 5.4. Результаты выполнения заданий по вебинарам и виртуальным мирам
6. Заключение. Перспективы и возможности развития ЭО в университете с Вашей точки зрения

Методические материалы для проведения процедур оценивания результатов обучения

Зачет протекает в форме практического контрольного задания (ПКЗ) – выступления с докладом по итогам обучения. В случае, если ПКЗ было успешно выполнено и на все вопросы были даны удовлетворительные ответы, аспирант получает зачет. Протокол приема зачета подписывается членами комиссии с указанием их ученой степени, ученого звания, занимаемой должности и специальности согласно номенклатуре специальностей научных работников.

Рабочая программа дисциплины (модуля)

1. Код и наименование дисциплины (модуля) **Методика преподавания естественнонаучных дисциплин**

2. Уровень высшего образования – подготовка научно-педагогических кадров в аспирантуре.

3. Направление подготовки 04.06.01 Химические науки. Направленности программы: Неорганическая химия, Аналитическая химия, Органическая химия, Физическая химия, Электрохимия, Высокомолекулярные соединения, Химия элементоорганических соединений, Химия высоких энергий, Биоорганическая химия, Коллоидная химия, Нефтехимия, Радиохимия, Кинетика и катализ, Медицинская химия, Математическая и квантовая химия, Химия твердого тела, Биотехнология (в том числе, бионанотехнология)

4. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП и тип дисциплины (модуля) по характеру ее освоения

Вариативная часть ООП, дисциплина (модуль), которую учащийся может освоить на выбор из списка предложенных в период обучения, отмеченный в базовом учебном плане (1-й год обучения 2 семестр).

5. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

Формируемые компетенции (код компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)
ОПК-3	31(ОПК-3) Знать: нормативно-правовые основы преподавательской деятельности в системе высшего образования У1 (ОПК-3) Уметь: осуществлять отбор и использовать оптимальные методы преподавания

6. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся:

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 3 зачётных единицы, 108 часов, из которых 36 часов составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (36 часов занятия лекционного типа, 0 часов занятия семинарского типа), 72 часа составляет самостоятельная работа обучающегося.

7. Образовательные технологии.

Кроме очных лекций используется самостоятельная работа и контрольные задачи в Интернете (электронное обучение, система дистанционного обучения Химического факультета). Адрес: <http://do.chem.msu.ru/rus/Ped/>

8. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических или астрономических часов и виды учебных занятий

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе								
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них						Самостоятельная работа обучающегося, часы из них		
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Групповые консультации	Индивидуальные консультации	Учебные занятия, направленные на проведение текущего контроля успеваемости коллоквиумы, практические контрольные занятия и др	Всего	Выполнение домашних заданий	Подготовка рефератов и т.п..	Всего
Тема 1. Эффективность элементов мультимедиа на лекциях. Особенности восприятия элементов мультимедиа в лекционных презентациях.	16	6					6	10		10
Тема 2. Химия для нехимиков. Использование дистанционного обучения (Интернет) в преподавании.	16	6					6	10		10
Тема 3. Эффективный	12	4					4	8		8

урок. Перераспределение проблемного пространства учителя и ученика.										
Тема 4. Методика индивидуальных занятий	12	4					4	8		8
Тема 5. Методика внеклассных занятий. Курс химии в летних школах для старшеклассников.	14	4					4	10		10
Тема 6. Такие разные ученики (и учителя). Темпераменты и типологии. Типология Юнга. Соционика. «Левые» и «правые полушарные». «Лягушки» и «принцы» Э.Берна.	12	4					4	8		8
Тема 7. Интеллект и творчество. Личность ученого. Методики воспитания творческой личности	14	4					4	10		10
Тема 8. Читаем график жизни. Нетрадиционная возрастная психология. Эксперимент «третья волна».	12	4					4	8		8
Промежуточная аттестация										

зачет										
Итого	108	36					36	72		72

9. Учебно-методические материалы для самостоятельной работы аспирантов.

Основная литература

1. Загорский В.В. Путь к школе. От "педагога" к Учителю - М.: Некоммерч. партнерство "Содействие химическому и экологическому образованию", 2001. - 96 с. Интернет: <http://www.chem.msu.ru/rus/teaching/general/zagor/welcome.html> (pdf)

2. Интернет-лекции В.В.Загорского по педагогике в электронном издании «Газета.ру»:

http://www.gazeta.ru/science/2006/05/15_a_638881.shtml

http://www.gazeta.ru/science/2006/05/31_a_651987.shtml

http://www.gazeta.ru/science/2006/06/02_a_654112.shtml

http://www.gazeta.ru/science/2006/06/23_a_681656.shtml

3. Публикации В.В.Загорского в электронном издании «Русский журнал» (30 статей)

<http://old.russ.ru/authors/zagor.html> - архив с вызовом по названию

<http://russ.ru/content/advancedsearch> - новый архив - поиск по автору

Дополнительная литература

1. Чернобельская Г.М. Методика обучения химии в средней школе. М.: ВЛАДОС, 2000

10. Ресурсное обеспечение:

- Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Указан в п.10. Экземпляры учебной литературы доступны обучающимся в электронном виде на сайте Химического факультета МГУ.

- Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Система дистанционного обучения Химического факультета. Адрес: <http://do.chem.msu.ru/rus/Ped/>

- Перечень используемых информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса, включая программное обеспечение, информационные справочные системы (при необходимости):

Система дистанционного обучения ОРОКС на сайте Химического факультета МГУ (<http://do.chem.msu.ru/>)

- Описание материально-технической базы.

Лекционная аудитория, оборудованная проекционным оборудованием и доступом в сеть «Интернет».

11. Язык преподавания.

Русский

12. Преподаватель (преподаватели).

Загорский Вячеслав Викторович, канд.хим. наук, докт. пед.наук,
старш.научн. сотр. Химического факультета МГУ, профессор СУНЦ МГУ.

Фонды оценочных средств, необходимые для оценки результатов обучения

1. Планируемые результаты обучения для формирования компетенций п.5 и соответствующие им критерии оценивания приведены в Приложении 8.

2. Образцы оценочных средств, в том числе в виде:

контрольных заданий в системе дистанционного обучения ОРОКС:

Выбор ответов к размещенному в СДО видеоролику «Восстановление водородом оксида меди»
(правильные первые 4 ответа)

- 1) Проводить эксперименты надо в халате
- 2) Взрывоопасный прибор должен быть отделен от класса прозрачным экраном
- 3) Со взрывоопасным прибором надо работать в защитных очках
- 4) Подставка с сухим горючим должна быть на штативе, а не в руках
- 5) Нельзя ходить по классу с реактивами
- 6) Для удобства наблюдения прибор должен быть больше в 3-5 раз
- 7) Опыт с водородом нужно проводить только под тягой
- 8) Учитель химии всегда должен быть в халате

Выбор ответов к размещенному в СДО видеоролику «Ученица вышивает во время самостоятельной работы»
(правильные первые 3 ответа)

- 1) ситуация является проблемой ученицы, а не учителя
- 2) ситуация совсем не мешает остальному классу

- 3) ситуация мало отвлекает от урока саму ученицу
- 4) ситуация должна быть вежливо, но немедленно устранена
- 5) надо пригрозить ученице плохой оценкой за такое поведение
- 6) надо сделать замечание; если не подействует, удалить ученицу с урока

Теоретические вопросы:

- "Проблемное пространство" урока. Определение "собственности" проблем. Как решать проблемы ученика и проблемы учителя (пример по собств. выбору).
- Неявные признаки авторитарного учителя (по собств. выбору). Причины низкой эффективности работы учителя, обладающего такими признаками.
- Особенности старшего школьного возраста (14-16 лет) - поведение, учеба, духовное развитие. Учет возрастных особенностей в прохождении сходных тем по химии (например, Периодический закон в 8 классе и в рамках повторения в 11 классе; можно другие темы по собств. выбору).
- Пример ситуации (время на обдумывание - не более 30 сек.):
Ученик за последним столом начал играть на карманном компьютере с включенным звуком.

Методические материалы для проведения процедур оценивания результатов обучения

Оценивание результатов обучения (текущий контроль успеваемости) ведётся по пятибалльной шкале или системе «зачёт-незачёт». Успешным прохождением контрольного мероприятия считается получение отметки «зачёт» или балла, не меньшего 3. Промежуточная аттестация в форме зачёта считается пройденной при успешном прохождении 80% мероприятий текущего контроля успеваемости. В ином случае обучающийся должен успешно продемонстрировать степень овладения знаниями, умениями и навыками в ходе ответа на вопросы зачёта и решения контрольных задач.

Рабочая программа дисциплины

1. Код и наименование дисциплины: **Основы методики обучения на примере дисциплины «Химия»**
2. Уровень высшего образования – подготовка научно-педагогических кадров в аспирантуре.
3. Направление подготовки 04.06.01 Химические науки. Направленности программы: Неорганическая химия, Аналитическая химия, Органическая химия, Физическая химия, Электрохимия, Высокомолекулярные соединения, Химия элементоорганических соединений, Химия высоких энергий, Биоорганическая химия, Коллоидная химия, Нефтехимия, Радиохимия, Кинетика и катализ, Медицинская химия, Математическая и квантовая химия, Химия твердого тела, Биотехнология (в том числе, бионанотехнология)
4. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП
Вариативная часть ООП, дисциплина (модуль), которую учащийся может освоить на выбор из списка предложенных в период обучения, отмеченный в базовом учебном плане (1-й год обучения 2 семестр).
5. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

Формируемые компетенции (код компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)
<i>ОПК-3</i>	Код У1(ОПК-3) УМЕТЬ: осуществлять отбор и использовать оптимальные методы преподавания
<i>ОПК-3</i>	Код В1(ОПК-3) ВЛАДЕТЬ: технологией проектирования образовательного процесса на уровне высшего образования

Оценочные средства для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) приведены в Приложении.

6. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся:
Объем дисциплины (модуля) составляет 3 зачетных единицы, всего 108 часов, из которых 48 часов составляет контактная работа аспиранта с преподавателем (32 часа – занятия лекционного типа, 6 часов – занятия семинарского типа, 4 часа групповые консультации, 6 часов индивидуальные консультации), 60 часов составляет самостоятельная работа аспиранта.

7. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия.
В специалитете или магистратуре должна быть уже освоена дисциплина «История и методология химии»

8. Образовательные технологии.
Наряду с традиционными лекциями используются элементы электронного обучения.

9. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических или астрономических часов и виды учебных занятий

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе								
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них						Самостоятельная работа обучающегося, часы из них		
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Групповые консультации	Индивидуальные консультации	Учебные занятия, направленные на проведение текущего контроля успеваемости коллоквиумы, практические контрольные занятия и др)*	Всего	Выполнение домашних заданий	Подготовка рефератов и т.п..	Всего
Модуль 1. Педагогика, дидактика, методика (М1)	10	6	-	-	-	-	6	4	-	4
Модуль 2. Методы оценки качества знаний (М2)	14	6	2	-	-	-	8	4	2	6
Модуль 3. Внеауди-	16	6	-	-	-	-	6	6	4	10

торная работа со школьниками на примере химических олимпиад (М3)										
Модуль 4. Личностно-ориентированное обучение, психолого-педагогические основы (М4)	18	6	–	–	4	–	10	4	4	8
Модуль 5. Демонстрационный химический эксперимент в деятельности преподавателя (М5)	16	2	2	2	–		6	6	4	10
Модуль 6. Электронные средства обучения в процессе изучения химии (М6)	16	6	-	2	-	-	8	4	4	8
Промежуточная аттестация: зачет в форме защиты итоговой работы	18		4						14	14
Итого	108	32	4	4	4	–	48	28	32	60

10. Учебно-методические материалы для самостоятельной работы аспирантов.

Аспирантам предоставляется программа курса, план занятий и перечень домашних заданий. По теме каждой лекции указывается материал в источниках из списков основной и вспомогательной литературы, а также из интернет-ресурсов.

11. Ресурсное обеспечение:

- Перечень основной и вспомогательной учебной литературы ко всему курсу

Основная литература:

1. Зайцев О.С. Методика обучения химии. Издательство: Гуманит. изд. центр ВЛАДОС 1999, 384 с.
2. Загорский В.В. Путь к школе. От "педагога" к Учителю - М.: Некоммерч. партнерство "Содействие химическому и экологическому образованию", 2001. - 96 с. Интернет-ресурс: <http://www.chem.msu.ru/rus/teaching/general/zagor/welcome.html> (14.06.2014)
3. Архангельская О.В., Асланов Л.А., Буданова А.А., Зверева Н.Л., Тюльков И.А. «Модульно-рейтинговая система обучения общей и неорганической химии на фармацевтическом отделении ФФМ МГУ», Естественнонаучное образование: вызовы и перспективы. Сборник / Под общей ред. Академика В.В. Лунина и проф. Н.Е.Кузьменко. – М.: Издательство Московского университета. 2013. с.228–242.
4. Кузьменко Н.Е., Рыжова О.Н., Пичугина Д.А. Опыт использования рейтинговой аттестации студентов по курсу физической химии. Современные тенденции развития химического образования: С 56 фундаментальность и качество. Сборник / Под общей ред. академика В. В.Лунина. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 2009, с.114-124.
5. Distance Learning. Book on Education in Eastern Europe and Eurasia. / Ed.by N.Ivanenko, Андреев А.А. Издание Bloomsbury London. 2014.- 19 с.
6. Андреев А.А. Дистанционное и электронное обучение. Учебное пособие. Издание РИО Академии медиаиндустрии Москва. 2013. - 45 с.

Дополнительная литература:

1. Зайцев О.С. Практическая методика обучения химии в средней и высшей школе. М.: Изд. КАРТЭК.2012. – 470 с.
2. Майков Е.В. Накопительная система оценки успеваемости студентов. Вестник Моск. ун-та. Сер.20. Педагогическое образование. – 2008, №2, с. 3-19.
3. Андреев А.А. Очерки дистанционного обучения в России. Сетевой научно-практический журнал «Управление образованием: теория и практика. http://www.iuorao.ru/images/jurnal/14_1/andreev_.pdf. 2014. - том 1.- № 13, с. 16-32.
4. Андреев А.А. Российские открытые образовательные ресурсы и массовые открытые онлайн курсы. Высшее образование в России, 2014. - № 6.
5. Чернобельская Г.М. Методика обучения химии в средней школе. М.: ВЛАДОС, 2000

Интернет-ресурсы: для поддержки обучения по курсу разработан электронный учебно-методический комплекс (ЭУМК), размещенный по адресу: <http://vle3.chem.msu.ru/course/>

Библиотека по педагогике: <http://pedagogic.ru/>

2. Интернет-лекции В.В.Загорского по педагогике в электронном издании «Газета.ру»:

http://www.gazeta.ru/science/2006/05/15_a_638881.shtml

http://www.gazeta.ru/science/2006/05/31_a_651987.shtml

http://www.gazeta.ru/science/2006/06/02_a_654112.shtml

http://www.gazeta.ru/science/2006/06/23_a_681656.shtml

Описание материально-технической базы.

Лекционная аудитория, оборудованная проекционным оборудованием и доступом в сеть интернета, практикум с современным научным оборудованием для модуля «Демонстрационный химический эксперимент».

12. Язык преподавания - русский

13. Преподаватели

Андрюшкова Ольга Владимировна, к.х.н, доцент

Архангельская Ольга Валентиновна, к.х.н, доцент

Буданова Анна Анатольевна, к.п.н, доцент

Демин Виктор Викторович, ст. преподаватель

Загорский Вячеслав Викторович, д.п.н, профессор

Фонды оценочных средств, необходимые для оценки результатов обучения

1. Планируемые результаты обучения для формирования компетенций п.5 и соответствующие им критерии оценивания приведены в Приложении 8.

2. Образцы оценочных средств в виде домашних заданий:

М1:

1. Отберите и структурируйте учебный материал для семинарского занятия по выбранной Вами теме (тема выбирается самостоятельно, соответственно тематике работы Вашей кафедры).
2. Сравните различные способы отбора содержания и построения учебной дисциплины на примере одной из дисциплин, изучаемых на Вашей кафедре.
3. Проанализируйте два основных учебника, предлагаемых студентам, для изучения кафедральной дисциплины на их соответствие требованиям, предъявляемым к современным учебникам.

М2:

Практическое задание по модулю №2: Найдите (в Интернете или в своих запасах) видеосюжеты, иллюстрирующие проблемное пространство урока («Ну и чья это проблема?»), к видеороликам приложите свои комментарии по поводу отнесения проблем. Видеоматериалы прошу давать не в виде ссылок, а в виде файлов.

М3: Семинар: БРС для аттестации студентов

Структура докладов по рейтинговой системе оценивания:

Что такое рейтинговая система контроля ее преимущества и недостатки и в чем ее различие с модульно-рейтинговой системой контроля.

Критический анализ модульно-рейтинговой системы контроля на Фармацевтическом отделении ФФМ МГУ.

Критический сравнительный анализ рейтинговых (модульно-рейтинговой) систем контроля, одной из которых является модульно рейтинговая система, о которой шла речь на семинаре (презентация будет выставлена на сайте в день семинара), а другую можно выбрать из:

рекомендованного списка литературы;

рейтинговой системы контроля, с которой каждый из Вас столкнулся во время обучения на Химическом факультете;

рейтинговая система контроля, которую Вы найдете в интернете.

Практическое задание №3. Задачи для МРС:

1. Каждый слушатель должен составить по 3 химических задачи по любому разделу химии для студентов любого факультета и любого курса. Каждая задача с подробным решением и системой оценивания.
2. Первая задача для домашней контрольной работы (максимальное число баллов равно четырем).
3. Вторая задача для аудиторной контрольной работы (максимальное число баллов равно восьми)
4. Третья задача для экзамена (максимальное число баллов равно двенадцати)

М4: Практическое задание по модулю 4: Выбор демонстрационного эксперимента

1. Выбрать источники «рецептов» ДЭ, которые вы будете использовать, и обосновать свой выбор.
2. Выбрать аудиторию (бакалавры, магистры и пр.) и курс. Выбрать какое-либо понятие (закон, правило), которое вводится в этом курсе, и подобрать подходящий ДЭ. Обосновать выбор ДЭ и описать, как он будет поставлен и включен в занятие. Можно взять технику постановки из какого-либо источника, главное приведите ее и укажите источник.

М5: Практическое задание по модулю №5.

Предложите структуру электронного учебно-методического комплекса по Вашей дисциплине (направлению работы, тематике работы кафедры, семинару и пр.). Обязательны ссылки на источники информации (основная, дополнительная, интернет).

Рекомендации по содержанию доклада в виде презентации на итоговой аттестации:

1. Роль педагогических технологий и методик в преподавании химической дисциплины на Вашей кафедре
2. Самоанализ компетенций по применению ИКТ в образовательном процессе (1 слайд)
3. Ссылки на имеющийся опыт (benchmarking) в электронном обучении (1-2 слайда, можно использовать ссылки со слайда 6)
4. SWOT - анализ ЭО или КФО или программных средств (вебинаров, Moodle т.п.) для проведения обучения (1 слайд)
5. Результаты работы в электронной среде обучения (ЭСО) Химического факультета МГУ (приведите скриншоты)
 - 5.1 Разработка структуры курса/ занятия
 - 5.2. Подготовка задач для БРС
 - 5.3. Подготовка сценария для модели или видео
6. Скриншоты выполнения задания по модулю №2 с Вашими комментариями.
7. Скриншоты (фото, рецепты) выполнения задания по модулю №4 с Вашими комментариями.
8. Заключение. Какие компетенции приобретены Вами в результате освоения курса.

Методические материалы для проведения процедур оценивания результатов обучения

Зачет протекает в форме защиты выпускной работы, которая выполняется в произвольной форме или по образцу (представлен в ЭУМК) и содержит отчет аспиранта о знаниях, умениях и компетенциях, приобретенных им в результате освоения курса. Работа оценивается комиссией, состоящей из преподавателей, ведущих курс. Работы и замечания к ним хранятся в течение года. В случае положительной оценки работы аспирант допускается к прохождению педагогической практики на кафедре, выбранной им для выполнения аспирантской работы. На каждого аспиранта заполняется протокол приема зачета, в который вносятся тема работы и вопросы, заданные на защите. Уровень знаний аспиранта по каждому вопросу оценивается на «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно». В случае, если на все вопросы был дан ответ, оцененный не ниже чем «удовлетворительно», аспирант получает общую оценку «зачтено». Протокол приема зачета подписывается членами комиссии с указанием их ученой степени, ученого звания, занимаемой должности и специальности согласно номенклатуре специальностей научных работников

Рабочие программы практик

Рабочая программа

1. Наименование практики с указанием её вида и типа

Педагогическая практика

2. Способ и форма проведения практики

Цель педагогической практики - формирование готовности выпускника аспирантуры к преподавательской деятельности по основным образовательным программам высшего образования. Практика проводится в образовательной организации, реализующей образовательные программы высшего образования – программы подготовки специалистов, магистров или бакалавров по УГСН 04.00.00 - Химия. Руководителем педагогической практики может быть доцент или профессор, совместно с которым аспирант формирует план прохождения педагогической практики. По итогам прохождения практики аспирант предоставляет аттестационной комиссии индивидуальный план аспиранта, отчет о прохождении практики, отзыв руководителя практики.

Способ проведения практики – стационарная и (или) выездная (участие в качестве соруководителя группы учащихся, проходящих технологическую практику), в том числе в иных структурных подразделениях МГУ или институтах РАН.

3. Уровень высшего образования и место практики в структуре ООП

Аспирантура, вариативная часть, обязательная

4. Год обучения, семестр/триместр в течение которого проходит практика

2 и 3 год обучения, 3, 4 и 5 семестры. Распределение по семестрам и годам обучения:

2 год, 3-й семестр – 3 з.е. (2 недели). Промежуточная аттестация (зачет);

2 год, 4-й семестр – 3 з.е. (2 недели). Промежуточная аттестация (зачет);

3 год, 5-й семестр – 3 з.е. (2 недели). Промежуточная аттестация (зачет с оценкой).

5. Планируемые результаты обучения при прохождении практики, соотнесённые с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Формируемые компетенции	Планируемые результаты обучения при прохождении практики
УК-5	УМЕТЬ: формулировать цели личного и профессионального развития и условия их достижения, исходя из тенденций развития области профессиональной деятельности, этапов профессионального роста, индивидуально-личностных особенностей. У1 (УК-5)
	УМЕТЬ: осуществлять личный выбор в различных профессиональных и морально-ценностных ситуациях, оценивать последствия принятого решения и нести за него ответственность перед собой и обществом. У2 (УК-

	5)
ОПК-2	ВЛАДЕТЬ: организаторскими способностями, навыками планирования и распределения работы между членами исследовательского коллектива В1 (ОПК-2)
	ВЛАДЕТЬ: навыками коллективного обсуждения планов работ, получаемых научных результатов, согласования интересов сторон и урегулирования конфликтных ситуаций в команде В2 (ОПК-2)
	УМЕТЬ: осуществлять подбор обучающихся в бакалавриате, специалитете и магистратуре для выполнения НИР и квалификационных работ У2 (ОПК-2)
ОПК-3	ВЛАДЕТЬ: технологией проектирования образовательного процесса на уровне высшего образования В1 (ОПК-3)
	УМЕТЬ: осуществлять отбор и использовать оптимальные методы преподавания У1 (ОПК-3)
	УМЕТЬ: курировать выполнение квалификационных работ бакалавров, специалистов, магистров У2 (ОПК-3)

5. Общая трудоёмкость практики составляет 9 зачётных единиц, продолжительность 324 часа, из которых 54 часа составляет контактная работа аспиранта с преподавателем (36 часов индивидуальные консультации, 12 часов мероприятия текущего контроля успеваемости, 6 часов мероприятия промежуточной аттестации), 270 часов составляет самостоятельная работа аспиранта.

6. Образовательные технологии.

- планирование педагогической деятельности и анализ эффективности ее реализации;
- организация самостоятельной работы под контролем преподавателя;
- использование активных форм обучения (групповая дискуссия, коллоквиумы, рецензирование, анализ, проблемные лекции, интерактивные технологии, семинары-дискуссии, мастер-классы, работа в микро-группах, деловые игры и др.);
- методики подготовки рабочей программы курса и оценочных средств рецензирования, анализа лекции, семинарских занятий и других форм обучения

7. Структура и содержание практики

При прохождении практики аспиранты:

- знакомятся с системой организации образовательного процесса в организации, осуществляющей реализацию программ высшего образования, и соответствующей нормативной и учебно-методической документацией;
- посещают занятия ведущих преподавателей;
- составляют учебные планы дисциплин;
- самостоятельно проводят занятия в соответствии с учебным планом;
- принимают участие в приеме коллоквиумов задач практикумов, проверке домашних работ студентов

- формируют оценочные средства по разрабатываемой учебной дисциплине и апробируют их;
- разрабатывают задачи спецпрактикума, отдельные разделы спецкурсов и методическое обеспечение к ним;
- руководят научной работой студентов младших курсов,
- осуществляют руководство (и соруководство) курсовыми и квалификационными работами бакалавров, специалистов и магистров.
- участвуют в текущем контроле за внеаудиторной учебной деятельностью обучающихся и в реализации воспитательной составляющей образовательного процесса.

Вид работ	Общая трудоемкость, з.е.	Рекомендуемый срок проведения	Формируемая составляющая компетенции
Посещение занятий ведущих преподавателей	до 0.5	3-й семестр	
Проведение аудиторных занятий (семинары практикумы) со студентами по направленности программы	до 2	3-й и 4-й семестр	У1 (ОПК-3), В1 (ОПК-3)
Прием коллоквиумов	до 2	3-й и 4-й семестр	У1 (ОПК-3)
Осуществление текущего контроля обучающихся	до 1	3-й семестр	У1 (ОПК-3)
Руководство научной работой студентов младших курсов	до 2	3-й, 4-й, 5-й семестр	У2 (УК-5), В1 (ОПК-2), В2 (ОПК-2)
Разработка учебно-методических материалов к разделам учебных курсов	до 2	5-й семестр	В1 (ОПК-3), У1 (ОПК-3)
Руководство курсовой работой	до 1,5	3-й, 4-й, 5-й семестр	В2 (ОПК-2)
Соруководство квалификационной работой	до 2	4-й и 5-й семестр	У2 (УК-5), У2 (ОПК-3), В2 (ОПК-2)

8. Ресурсное обеспечение:

- Перечень основной учебной литературы
 - 1) Фокин Ю.Г. Преподавание и воспитание в высшей школе. М.: Академия. 2002, 175 с.
 - 2) Корнеева Л.В. Психологические основы педагогической практики. Учебное пособие. М.: ВЛАДОС. 2006, 159 с.
- Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»
Документы Министерства образования и науки Российской Федерации (<http://минобрнауки.рф>)

9. Язык преподавания - русский.

Оценочные средства (примеры ТПЗ)

1. Разработать планы-конспекты лекций общего курса и спецкурса для уровней подготовки «Бакалавр» и «Магистр» с учетом возрастных особенностей обучающихся, уровнем их подготовки, передовым педагогическим опытом (в т.ч., международным), требования ФГОС ВО по направлению 04 00 00 Химия.
2. Посетить лекцию профессора кафедры, семинарское занятие и практикум доцента кафедры; провести анализ их занятий по заданной схеме. Сформулировать предложения по совершенствованию посещенных занятий.
3. Разработать план-конспект практического занятия по профилю подготовки. Определите информационные источники, вопросы, систему заданий и этапы подготовки обучающихся к занятию.
4. Разработать тестовые вопросы по одной из дисциплин направленности (по 10 вопросов на каждый раздел дисциплины). При разработке использовать не менее 5 видов тестовых заданий. Предложить способ реализации тестов в режиме он-лайн с использованием компьютерных технологий
5. В составе рабочей группы аспирантов разработать сценарий деловой игры по профилю программы; описать цель, задачи, план, упражнения, используемые при его проведении, слова и действия ведущего и обучающихся.
6. Предложить задачу спецпрактикума с комплектом сопроводительных материалов, оформленную с учетом требований ФГОС 3+ к составлению рабочих учебных программ.
7. Разработать рекомендации студентам по подготовке выступления при публичной защите курсовой работы (логика построения доклада, структурные компоненты, этические требования к выступающему, правила риторики и т.п.)
8. Разработать рекомендации к опросу учащихся по оценке содержания и качества преподавания специальной дисциплины.

Методические материалы для проведения процедур оценивания результатов прохождения педагогической практики

Педагогическая практика считается завершенной при условии выполнения аспирантом индивидуального плана практиканта в полном объеме и оформлении отчета. Защита отчета о прохождении педагогической практики проводится в виде собеседования с руководителем практики (форма отчета прилагается). При расчете трудоемкости практики учитываются все виды работ за отчетный период (согласно п.7). Прохождение педагогической практики должно быть отражено в индивидуальном плане аспиранта. При выставлении итоговой оценки по практике (5 семестр, зачет с оценкой) учитывается мнение руководителя последнего этапа практики. Отзыв руководителя составляется в произвольной форме, но в нем должно быть отражена степень выполнения задания, отношение аспиранта к выполняемым обязанностям и оценка (внутренняя оценка выставляется по пятибалльной шкале).

Критерии оценивания отдельных видов работ в рамках педагогической практики приведены ниже.

Критерии оценки занятия преподавателя (практиканта)

Показатели: 0 баллов – полное отсутствие критерия; 1 балл – частично выполнение критерия; 2 балла – полное выполнение критерия.

№ пп	Критерии	Показатель
1.	Организационные моменты	
1.1.	Посещаемость	
1.2.	Начало занятия (время, мотивация, объявление цели занятия, его плана)	
1.3.	Поддержание дисциплины во время всего занятия	
2.	Готовность преподавателя к занятию	
2.1.	Наличие плана (конспекта)	
2.2.	Использование технических средств обучения, наглядных материалов	
3.	Содержательная часть занятия	
3.1.	Соответствие темы занятий содержанию учебной дисциплины, учебному плану, ФГОС	
3.2.	Научный уровень материала	
3.3.	Связь содержания с будущей работой социолога	
3.4.	Уровень проработки концептуальных положений, научных понятий и категорий	
3.5.	Использование в качестве иллюстративного материала современных достижений социологической науки, примеров из практики	
3.6.	Степень структурированности материала	
4.	Методическая сторона занятия	
4.1.	Наличие и выполнение плана занятия	
4.2.	Методы активизации познавательной деятельности студентов	
4.3.	Использование методических материалов на занятии	
4.4.	Умение преподавателя объяснять новый материал	
4.5.	Обращение в ходе занятия к ранее изученному	
4.6.	Учет динамики работоспособности студентов в ходе занятия	
4.7.	Наличие заданий для самостоятельной работы и их объяснение	
4.8.	Учет индивидуальных особенностей студентов	
4.9.	Уровень подготовки и ответов студентов	
5.	Коммуникативная сторона занятия	
5.1.	Умение преподавателя налаживать и поддерживать контакт с аудиторией	
5.2.	Общий эмоциональный фон занятия (доброжелательность, позитивный настрой)	
5.3.	Активность студентов на занятии	

Критерии оценки плана-конспекта занятия практиканта

№ пп	Критерии	Показатель
	Содержательная часть	
1.	Соответствие темы занятий содержанию учебной дисциплины, учебному плану, ФГОС	
1.	Связь содержания с будущей работой социолога	
2.	Уровень проработки концептуальных положений, научных понятий и категорий	
3.	Использование результатов современных социологических исследований, достижений социологической науки, примеров из практики	
4.	Степень структурированности материала	
	Методическая сторона	
1.	Обоснованность выбора современных образовательных технологий и, методы и средства обучения в соответствии с целью занятия	
2.	Обоснованность выбора современных образовательных методов обучения в соответствии с целью занятия	
3.	Обоснованность выбора современных образовательных средств обучения в соответствии с целью занятия	
4.	Обоснованность выбора современных образовательных средств обучения с учетом передового международного опыта	
5.	Обоснованность выбора современных образовательных средств обучения с учетом передового международного опыта	
6.	Обоснованность выбора современных образовательных средств обучения с учетом передового международного опыта	
7.	Использование методов активизации познавательной деятельности студентов	
8.	Умение практиканта объяснять новый материал	
9.	Обращение в ходе занятия к ранее изученному	
10.	Учет динамики работоспособности студентов в ходе занятия	
11.	Наличие заданий для самостоятельной работы и их объяснение	
12.	Учет индивидуальных особенностей студентов	
13.	Умение практиканта налаживать и поддерживать контакт со студенческой аудиторией	
14.	Общий эмоциональный фон занятия (доброжелательность, позитивный настрой)	
15.	Активность студентов на занятии	

Критерии оценки презентации отчета о практике и его публичной защиты

№ пп	Критерии	Показатель
1	логика изложения материала (последовательность выполненных работ, их оценка, обоснование оценки, выполнение плана)	
2.	профессиональная грамотность речи во время презентации, владение нормами русского литературного языка и функциональными стилями деловой речи	
3.	способность демонстрировать личную и профессиональную культуру, духовно-нравственные убеждения	
4.	умение ставить и решать коммуникативные задачи в процессе профессионального общения	
5.	качество подготовленной презентации как инструмента представления информации	
6.	время презентации на 5-6 минут, объем – презентации 10-12 слайдов	

Структура отчета по итогам педагогической практики

Отчет аспиранта _____ по педагогической практике (__ семестр)	
Краткое содержание проделанной работы	1. ВВЕДЕНИЕ. Указание сроков практики. Краткое описание видов выполненных работ. 2. ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ. Описание каждого вида задания по индивидуальному плану работы. Анализ его выполнения (что получилось, что требует доработки). Ссылки на информационные источники, которые были использованы практикантом в процессе выполнения заданий (научные статьи и монографии, диссертации по направленности подготовки, обращение к передовому международному опыту в сфере образования). 3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Самооценка сформированности умений и навыков в процессе прохождения педагогической практики, возможных сложностей, которые пришлось преодолевать, формирование путей личностно-профессионального развития. Предложения по организации и содержания практики.
Отзыв руководителя	
Подпись аспиранта	
Подпись руководителя	

Рабочая программа

1. Наименование практики с указанием её вида и типа Исследовательская практика (стационарная или выездная)

2. Способ и форма проведения практики

Цель исследовательской практики - формирование навыков научно-исследовательской деятельности. Способ проведения практики – стационарная и (или) выездная.

3. Уровень высшего образования и место практики в структуре ООП

Аспирантура, вариативная часть, обязательная

4. Год обучения, семестр/триместр в течение которого проходит практика

В течение всего срока обучения (трудоемкость по 3 з.е. в семестр). В случае производственной необходимости срок проведения исследовательской практики, установленный в календарном плане, может быть изменен за счет НИР. Данное изменение должно быть отражено в индивидуальном плане аспиранта

5. Планируемые результаты обучения при прохождении практики, соотнесённые с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Формируемые компетенции	Планируемые результаты обучения при прохождении практики
УК-1	ВЛАДЕТЬ: навыками анализа методологических проблем, возникающих при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях, В1 (УК-1)
	УМЕТЬ: анализировать альтернативные варианты решения исследовательских и практических задач и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации этих вариантов У1 (УК-1)
	УМЕТЬ: при решении исследовательских и практических задач генерировать новые идеи, поддающиеся операционализации исходя из наличных ресурсов и ограничений У2 (УК-1)
УК-2	ЗНАТЬ: методы научно-исследовательской деятельности З1 (УК-2)
УК-3	УМЕТЬ: следовать нормам, принятым в научном общении при работе в российских и международных исследовательских коллективах с целью решения научных и научно-образовательных задач У1(УК-3)
	УМЕТЬ: осуществлять личностный выбор в процессе работы в российских и международных исследовательских коллективах, оценивать последствия принятого решения и нести за него ответственность перед собой, коллегами и обществом У2 (УК-3)
	ЗНАТЬ: особенности представления результатов научной деятельности в устной и письменной форме при работе в российских и международных исследовательских коллективах З1 (УК-3)

УК-5	УМЕТЬ: формулировать цели личностного и профессионального развития и условия их достижения, исходя из тенденций развития области профессиональной деятельности, этапов профессионального роста, индивидуально-личностных особенностей. У1 (УК-5)
	УМЕТЬ: осуществлять личностный выбор в различных профессиональных и морально-ценностных ситуациях, оценивать последствия принятого решения и нести за него ответственность перед собой и обществом. У2 (УК-5)
ОПК-2	ВЛАДЕТЬ: организаторскими способностями, навыками планирования и распределения работы между членами исследовательского коллектива В1 (ОПК-2)
	ВЛАДЕТЬ: навыками коллективного обсуждения планов работ, получаемых научных результатов, согласования интересов сторон и урегулирования конфликтных ситуаций в команде В2 (ОПК-2)

5. Общая трудоёмкость практики составляет 24 зачётных единиц, продолжительность 864 часа, из которых 288 часов составляет контактная работа аспиранта с преподавателем (264 часа индивидуальные консультации, 24 часа мероприятия промежуточной аттестации), 576 часов составляет самостоятельная работа аспиранта.

6. Образовательные технологии.

При выполнении исследовательской практики используются личностно-ориентированные технологии обучения и информативно-развивающие технологии: встречи с представителями научно-исследовательских институтов, организаторами науки в вузах, представителями бизнеса, мастер-классы экспертов и специалистов.

7. Структура и содержание практики

Возможные формы проведения:

- работа в исследовательских организациях по профилю подготовки (институты РАН, других подразделениях МГУ и пр.) для формирования готовности участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач;
- участие в российских и международных конференциях, школах молодых ученых;
- стажировки в R&D коммерческих структур для изучения методов, приемов, технологий научно-исследовательской деятельности в реальном секторе экономики.

Вид работ	Общая трудоемкость, з.е.	Формируемая составляющая компетенции
Участие в научной конференции, школе молодых ученых	1.5	У2 (УК-5), В1 (УК-1), В2 (ОПК-2)
Стажировка	до 6	31 (УК-2), У2 (УК-5), У1 (УК-5), У1 (УК-1), У2 (УК-1), У2 (УК-3), У1(УК-3), В1 (УК-1), В1 (ОПК-2), В2 (ОПК-2)
Подготовка публикации	3	31 (УК-3), У1 (УК-1), У2 (УК-1), В1 (УК-1)

Руководителем исследовательской практики может быть научный руководитель аспиранта, научный сотрудник РАН или другого подразделения МГУ, представитель коммерческой структуры. По итогам прохождения практики аспирант предоставляет аттестационной комиссии индивидуальный план аспиранта, отчет о прохождении практики, отзыв руководителя практики, в случае участия в конференции – краткий устный отчет об участии в мероприятии на научном семинаре кафедры или лаборатории.

8. Язык преподавания - русский.

Методические материалы для проведения процедур оценивания результатов прохождения исследовательской практики

Исследовательская практика считается завершенной при условии выполнения аспирантом индивидуального плана практиканта в полном объеме и оформлении отчета. Защита отчета о прохождении педагогической практики проводится в виде собеседования с руководителем практики (форма отчета прилагается). Отзыв руководителя составляется в произвольной форме, но в нем должно быть отражена степень выполнения задания, отношение аспиранта к выполняемым обязанностям и оценка (внутренняя оценка выставляется по пятибалльной шкале). Прохождение педагогической практики должно быть отражено в индивидуальном плане аспиранта.

Структура отчета по итогам практики

Отчет аспиранта _____ по исследовательской практике (_ семестр)	
Краткое содержание проделанной работы	1. ВВЕДЕНИЕ. Указание сроков и места проведения практики. Краткое описание видов выполненных работ. 2. ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ. Описание каждого вида задания по индивидуальному плану работы. Анализ его выполнения (что получилось, что требует доработки). Ссылки на информационные источники, которые были использованы практикантами в процессе выполнения заданий 3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Самооценка сформированности умений и навыков в процессе прохождения практики, возможных сложностей, которые пришлось преодолевать, формирование путей личностно-профессионального развития. Предложения по организации и содержанию практики.
Отзыв руководителя	
Подпись аспиранта	
Подпись руководителя	

Рабочая программа научных исследований аспиранта

1. Наименование практики с указанием её вида и типа

Научные исследования (стационарная или выездная)

2. Способ и форма проведения практики

Цель научных исследований - формирование навыков научно-исследовательской деятельности и подготовка научно-квалификационной работы (диссертации). Способ проведения практики – стационарная и (или) выездная.

Основными задачами научно-исследовательской деятельности аспиранта как ведущего звена в подготовке научно-квалификационной работы (диссертации) являются:

- формирование и развитие навыков проведения научного исследования, умения самостоятельно ставить и решать исследовательские задачи;
- формирование творческого мышления на основе базовой образовательной подготовки и сформированного высокого уровня владения научно-исследовательскими знаниями, умениями и навыками;
- осуществление деятельности, направленной на решение научных задач под руководством научного руководителя, развитие творческих способностей и профессиональных качеств личности аспиранта.

3. Уровень высшего образования и место практики в структуре ООП

Аспирантура, вариативная часть, обязательная

4. Год обучения, семестр/триместр в течение которого проходит практика

В течение всего срока обучения; распределение по семестрам:

5. Планируемые результаты обучения при прохождении практики, соотнесённые с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Формируемые компетенции	Планируемые результаты обучения при прохождении практики
УК-1	УМЕТЬ: анализировать альтернативные варианты решения исследовательских и практических задач и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации этих вариантов

	У1 (УК-1)
	УМЕТЬ: при решении исследовательских и практических задач генерировать новые идеи, поддающиеся операционализации исходя из наличных ресурсов и ограничений
	У2 (УК-1)
	ВЛАДЕТЬ: навыками анализа методологических проблем, возникающих при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях
УК-2	В1 (УК-1)
	ВЛАДЕТЬ: навыками критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях
	В2 (УК-1)
УК-2	ВЛАДЕТЬ: технологиями планирования в профессиональной деятельности в сфере научных исследований
	В2 (УК-2)
УК-3	ЗНАТЬ: методы научно-исследовательской деятельности
	31 (УК-2)
	ВЛАДЕТЬ: навыками анализа основных мировоззренческих и методологических проблем, в.т.ч. междисциплинарного характера, возникающих при работе по решению научных и научно-образовательных задач в российских или международных исследовательских коллективах
	В1 (УК-3)
	ВЛАДЕТЬ: технологиями оценки результатов коллективной деятельности по решению научных и научно-образовательных задач, в том числе ведущейся на иностранном языке
	В2 (УК-3)
	ВЛАДЕТЬ: технологиями планирования деятельности в рамках работы в российских и международных коллективах по решению научных и научно-образовательных задач
УК-3	В3 (УК-3)
	УМЕТЬ: следовать нормам, принятым в научном общении при работе в российских и международных исследовательских коллективах с целью решения научных и научно-образовательных задач
	У1(УК-3)
	УМЕТЬ: осуществлять личностный выбор в процессе работы в российских и международных исследовательских коллективах, оценивать последствия принятого решения и нести за него ответственность перед собой, коллегами и обществом
УК-3	У2 (УК-3)
	ЗНАТЬ: особенности представления результатов научной деятельности в устной и письменной форме при рабо-

	те в российских и международных исследовательских коллективах 31 (УК-3)
УК-4	ВЛАДЕТЬ: различными методами, технологиями и типами коммуникаций при осуществлении профессиональной деятельности на государственном и иностранном языках В3 (УК-4)
	УМЕТЬ: следовать основным нормам, принятым в научном общении на государственном и иностранном языках У1 (УК-4)
УК-5	УМЕТЬ: формулировать цели личностного и профессионального развития и условия их достижения, исходя из тенденций развития области профессиональной деятельности, этапов профессионального роста, индивидуально-личностных особенностей. У1 (УК-5)
	УМЕТЬ: осуществлять личностный выбор в различных профессиональных и морально-ценностных ситуациях, оценивать последствия принятого решения и нести за него ответственность перед собой и обществом. У2 (УК-5)
ОПК-1	ВЛАДЕТЬ: навыками поиска (в том числе с использованием информационных систем и баз данных) и критического анализа информации по тематике проводимых исследований; В1 (ОПК-1)
	ВЛАДЕТЬ: навыками планирования научного исследования, анализа получаемых результатов и формулировки выводов В2 (ОПК-1)
	ВЛАДЕТЬ: владеть навыками представления и продвижения результатов интеллектуальной деятельности В3 (ОПК-1)
	УМЕТЬ: выбирать и применять в профессиональной деятельности экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследования У1 (ОПК-1)
ОПК-2	ВЛАДЕТЬ: организаторскими способностями, навыками планирования и распределения работы между членами исследовательского коллектива В1 (ОПК-2)
	ВЛАДЕТЬ: навыками коллективного обсуждения планов работ, получаемых научных результатов, согласования интересов сторон и урегулирования конфликтных ситуаций в команде В2 (ОПК-2)
	УМЕТЬ: планировать научную работу, формировать состав рабочей группы и оптимизировать распределение обязанностей между членами исследовательского коллектива У1 (ОПК-2)

5. Общая трудоёмкость практики составляет 168 зачётных единиц, продолжительность 6048 часов, из которых 288 часов составляет контактная работа аспиранта с преподавателем (264 часа индивидуальные консультации, 24 часа мероприятия промежуточной аттестации), 5760 часов составляет самостоятельная работа аспиранта.

6. Образовательные технологии.

При выполнении научных исследований используются преимущественно личностно-ориентированные технологии обучения.

7. Структура и содержание практики

Конкретное содержание программы научных исследований устанавливается индивидуально для каждого обучающегося и отражается в индивидуальном плане аспиранта. Рекомендуемая общая структура рабочей программы научных исследований (далее, НИР) приведена ниже.

№ раздела	Наименование раздела	Количество з.е. (*)		Форма промежуточной отчетности
		Всего	Самостоятельная работа	
1	Подготовительный	20	19	зачет
2	Предварительный	19	18	зачет с оценкой
3	Основной	84	80	зачет, зачет с оценкой
4	Завершающий	24	23	зачет
5	Итоговый	21	20	зачет с оценкой

(*) аудиторная работа не предусмотрена

№ раздела	Наименование раздела НИР	Содержание раздела
1	Подготовительный	Ознакомление с основными результатами, полученными к настоящему времени в рамках выбранной тематики исследований. Критический анализ научной литературы. Обобщение литературных сведений, составление первичного списка литературы. Формулирование конкретной темы исследования, утверждение на научном коллоквиуме. Подготовка презентации по итогам обзора литературы.
2	Предварительный	Ознакомление с основными методами решения задач, разработанными к настоящему времени в рамках выбранной научной тематики. Получение навыков работы на специализированном оборудовании, в т.ч. с использованием специализированного программного обеспечения. Промежуточная аттестация по итогам сообщения на научном коллоквиуме
3	Основной	Составление плана исследования по выбранной тематике работы; проведение запланированных исследований; обработка результатов, обсуждение результатов, формулировка промежу-

		точных выводов и корректировка дальнейших планов исследования. Апробация полученных результатов на научных конференциях (в том числе международных). Участие в научной стажировке по теме исследований («окно мобильности»).
4	Завершающий	Подготовка и подача заявок на научные граны (в составе научного коллектива и самостоятельно по молодежным программам) Подготовка результатов к публикации. Публикация работы в рецензируемых журналах (в т.ч., на иностранном языке). Участие в научных конференциях (в том числе международных) с целью апробации работы. Опыт практического внедрения результатов работы. Оформление результатов работы.
5	Итоговый	Подготовка отчёта о НИР (проекта кандидатской диссертации). Отчёт о работе на научном коллоквиуме.

Формат проведения промежуточной аттестации:

- научный доклад по утвержденной теме научных исследований на лабораторном коллоквиуме и на заседании кафедральной комиссии по НИР;
- отчёт о промежуточных результатах (доклад на аспирантском научном семинаре, представление публикации, письменный отчет и пр.);
- отчёт о стажировке;
- отчёт об апробации работы и опыте практического применения её результатов (доклад на аспирантском научном семинаре, представление публикации, письменный отчет и пр.).

8. Язык преподавания - русский.

Методические материалы для проведения процедур оценивания результатов исследовательской деятельности

Отчет о результатах научных исследований аспиранта заслушивается один раз в год на заседании научного коллоквиума лаборатории (или другого подразделения), по итогам которого выставляется зачет. Ежегодно отчеты аспирантов заслушиваются на заседании профильной кафедры (зачет с оценкой) или научном семинаре кафедры. Прохождение промежуточной аттестации по исследовательской деятельности должно быть отражено в индивидуальном плане аспиранта.

Отчет аспиранта _____ по результатам исследовательской деятельности (__семестр)	
Краткое содержание проделанной работы	1. ВВЕДЕНИЕ. Указание сроков и места проведения практики. Краткое описание видов

	выполненных работ. 2. ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ. Описание каждого вида задания по индивидуальному плану работы. Анализ его выполнения (что получилось, что требует доработки). Ссылки на информационные источники, которые были использованы практикантами в процессе выполнения заданий 3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Самооценка сформированности умений и навыков в процессе прохождения практики, возможных сложностей, которые пришлось преодолевать, формирование путей личностно-профессионального развития. Предложения по организации и содержанию практики.
Отзыв руководителя	
Подпись аспиранта	
Подпись руководителя	

При оценке содержания отчета аспиранта на кафедре, научном семинаре и коллоквиуме учитываются следующие критерии:

Показатель	Критерии оценивания
План научного исследования	Логичность Соответствие теме исследования Соответствие цели и задачам исследования
Обзор литературы	Полнота Систематичность изложения Критический анализ Общая стилистика Оформление текста
Библиография	Полнота и разнообразие цитированных источников Соответствие оформления требованиям ГОСТ 7.1-2003 «Библиографическое описание документов».
Доклад на научном семинаре или конференции по теме исследования	Содержание доклада Техническое оформление доклада (мультимедийная презентация) Коммуникативная компетентность докладчика
Публикация	Вид публикации (статья, раздел коллективной монографии, тезисы доклада на Международной или российской конференции, тип доклада – устный или стендовый)

Программы государственной итоговой аттестации

В соответствии с ОС МГУ в программу итоговой аттестации входят:

- подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена,
- представление научного доклада об основных результатах подготовленной научно- квалификационной работы (диссертации), оформленной в соответствии с требованиями, устанавливаемыми Министерством образования и науки Российской Федерации.

Фонд оценочных средств (ФОС) для государственной итоговой аттестации представляет собой совокупность контролирующих материалов для измерений уровня достижения обучающимися установленных результатов обучения. ФОС включает:

- карты (паспорта) компетенций, которыми должны овладеть обучающиеся в результате освоения образовательной программы с описанием показателей и критериев оценивания компетенций;
- типовые контрольные задания и иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения, характеризующих этапы формирования компетенций;
- методические указания, определяющие процедуры оценивания результатов освоения образовательной программы.

Экзамен по направлению подготовки

Экзамен должен носить комплексный характер (может состоять из нескольких частей), он должен учитывать специфику направленности (профиля) подготовки. Экзамен может проводиться в устной и/или в письменной форме. На экзамене, в основном, должна быть проверена и оценена сформированность компетенций, необходимых для выполнения выпускником преподавательского вида деятельности.

Рекомендуемая форма проведения экзамена - защита проекта (разработка учебной программы дисциплины и отдельных модулей, разработка методического обеспечения учебной дисциплины, кейс-задач, сценариев деловых игр, методического сопровождения тренингов и пр.).

При итоговой оценке учитываются следующие показатели:

- оригинальность проекта,
- методологическая проработанность,
- наличие апробации,
- качество выполнения презентации

Критерии оценки ответа аспиранта на защите проекта

Оценка «отлично»

Ответы на поставленные вопросы излагаются логично, последовательно и не требуют дополнительных пояснений, делаются обоснованные выводы. Соблюдаются нормы литературной речи, ответ развернутый, уверенный, формулировки четкие. Оценка “отлично” ставится аспирантам, которые при ответе:

- обнаруживают всестороннее систематическое и глубокое знание программного материала;
- способны творчески применять знание теории к решению профессиональных задач;
- владеют понятийным аппаратом;
- демонстрируют способность к анализу и сопоставлению различных подходов к решению заявленной в вопросе проблематики;

- подтверждают теоретические постулаты примерами из педагогической практики.

Оценка «хорошо»

Ответы на поставленные вопросы излагаются систематизировано и последовательно. Материал излагается уверенно. Демонстрируется умение анализировать материал, однако не все выводы носят аргументированный и доказательный характер. Соблюдаются нормы литературной речи.

Оценка “хорошо” ставится за правильный ответ на вопрос, знание основных характеристик раскрываемых категорий. Обязательно понимание взаимосвязей между явлениями и процессами, знание основных закономерностей. Оценка “хорошо” ставится аспирантам, которые при ответе:

- обнаруживают твёрдое знание программного материала;
- способны применять знание теории к решению задач профессионального характера;
- допускают отдельные погрешности и неточности при ответе.

Оценка «удовлетворительно»

Допускаются нарушения в последовательности изложения. Демонстрируются поверхностное знание вопроса. Имеются затруднения с выводами. Допускаются нарушения норм литературной речи. Оценка “удовлетворительно” ставится аспирантам, которые при ответе:

- в основном знают программный материал в объёме, необходимом для предстоящей работы по профессии;
- допускают существенные погрешности в ответе на вопросы экзаменационного билета;
- приводимые формулировки являются недостаточно четкими, нечетки, в ответах допускаются неточности.

Оценка «неудовлетворительно»

Материал излагается непоследовательно, сбивчиво, не представляет определенной системы знаний. Имеются заметные нарушения норм литературной речи. Аспирант не понимает сущности процессов и явлений, не может ответить на простые вопросы типа “что это такое?” и “почему существует это явление?”. Оценка “**неудовлетворительно**” ставится аспирантам, которые при ответе:

- обнаруживают значительные пробелы в знаниях основного программного материала;
- допускают принципиальные ошибки в ответе на вопрос билета;
- демонстрируют незнание теории и практики.

Защита результатов научно-квалификационной работы

Защита результатов научно-квалификационной работы является заключительным этапом государственной итоговой аттестации. Она проводится в соответствии с ОС МГУ по соответствующему направлению подготовки. В ходе защиты результатов НИР проверяется сформированность компетенций, необходимых для выполнения выпускником научно-исследовательского вида деятельности.

Научно-квалификационная работа должна быть написана аспирантом самостоятельно, обладать внутренним единством и содержать положения, выдвигаемые для публичной защиты. Выводы аспиранта должны быть направлены на решение задачи, имеющей существенное значение для соответствующей отрасли знаний. В исследовании, имеющем прикладной характер, должны приводиться сведения о прак-

тическом использовании полученных научных результатов, а в научном исследовании, имеющем теоретический характер должны содержаться рекомендации по использованию научных выводов.

Процедура защиты Научного доклада установлена Порядком разработки, утверждения и реализации программ высшего образования – программ подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре в МГУ имени М.В.Ломоносова (Приложение к Приказу МГУ №831 от 31.08.2015).

При итоговой оценке учитываются следующие показатели:

- актуальность исследования,
- наличие новых результатов и положений (научная новизна),
- аргументированность выводов, их соответствие заявленным целям и задачам,
- практическая (теоретическая) значимость работы,
- достоверность полученных результатов,
- методологическая четкость изложения материала,
- наличие публикаций в российских и зарубежных рецензируемых изданиях, в том числе в журналах из перечня ВАК,
- качество выполнения презентации,
- отзыв научного руководителя и рецензента работы.

Если по результатам защиты Научного доклада ни один из перечисленных выше критериев не был оценен неудовлетворительно большинством членов Государственной экзаменационной комиссии, ГЭК дает положительную оценку защите Научного доклада, а структурное подразделение МГУ оформляет заключение о рекомендации научно-квалификационной работы (диссертации) к защите на соискание ученой степени кандидата наук.

Методические материалы (Карты компетенций выпускников МГУ)

КАРТА КОМПЕТЕНЦИИ ВЫПУСКНИКА ПРОГРАММЫ АСПИРАНТУРЫ МГУ

Код и название КОМПЕТЕНЦИИ:

УК-1: Способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОМПЕТЕНЦИИ

Универсальная компетенция выпускника программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре (согласно требованиям ОС МГУ должна быть сформирована у выпускников любых программ аспирантуры независимо от направления подготовки)

ВХОДНОЙ УРОВНЬ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ, ТРЕБУЕМЫЙ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ

Для того чтобы формирование данной компетенции было возможно, обучающийся, приступивший к освоению программы аспирантуры, должен:

ЗНАТЬ: основные методы научно-исследовательской деятельности.

УМЕТЬ: выделять и систематизировать основные идеи в научных текстах; критически оценивать любую поступающую информацию, вне зависимости от источника; избегать автоматического применения стандартных формул и приемов при решении задач.

ВЛАДЕТЬ: навыками сбора, обработки, анализа и систематизации информации по теме исследования; навыками выбора методов и средств решения задач исследования.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИЕ ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ,
КРИТЕРИИ, ПОКАЗАТЕЛИ И СРЕДСТВА ИХ ОЦЕНИВАНИЯ

Планируемые результаты обучения*	Критерии и показатели оценивания результата обучения					Элемент (элементы) образователь- ной програм- мы, форми- рующие ре- зультат обучения	Оценочные средства
	1	2	3	4	5		
	Неудовлетво- рительно	Неудовлетвори- тельно	Удовлетвори- тельно	Хорошо	Отлично		
УМЕТЬ: анализировать альтернативные варианты реше- ния исследова- тельских и прак- тических задач и оценивать по- тенциальные вы- игры- ши/проигрыши реализации этих вариантов Код У1 (УК-1)	Отсутствие умений	Частично освое- ное умение анали- зировать альтер- нативные вариан- ты решения ис- следовательских и практических за- дач и оценивать потенциальные выигры- ши/проигрыши реализации этих вариантов	В целом успеш- но, но не систе- матически осу- ществляемые анализ альтер- нативных вари- антов решения исследователь- ских и практи- ческих задач и оценка потен- циальных вы- игры- шей/проигрыш ей реализации этих вариантов	В целом успешно, но содержащие отдельные пробе- лы анализ альтер- нативных вариан- тов решения ис- следовательских задач и оценка по- тенциальных вы- игры- шей/проигрышей реализации этих вариантов	Сформированное умение анализи- ровать альтер- нативные вари- анты решения исследователь- ских и практиче- ских задач и оценивать по- тенциальные выигры- ши/проигрыши реализации этих вариантов	Исследователь- ская практика, .научные иссле- дования	Отчет о практике, практиче- ские кон- трольные задания (ПКЗ), дис- куссии, со- ставление аналитиче- ских обзо- ров
УМЕТЬ: при решении ис- следовательских и практических	Отсутствие умений	Частично освое- ное умение при решении исследо- вательских и	В целом успеш- ное, но не сис- тематически осуществляемое	В целом успешное, но содержащее от- дельные пробелы умение при реше-	Сформированное умение при ре- шении исследо- вательских и	Исследователь- ская практика, .научные иссле- дования	Отчет о практике (в разных формах, в

задач генерировать новые идеи, поддающиеся операционализации исходя из наличных ресурсов и ограничений Код У2 (УК-1)		практических задач генерировать идеи, поддающиеся операционализации исходя из наличных ресурсов и ограничений	умение при решении исследовательских и практических задач генерировать идеи, поддающиеся операционализации исходя из наличных ресурсов и ограничений	нии исследовательских и практических задач генерировать идеи, поддающиеся операционализации исходя из наличных ресурсов и ограничений	практических задач генерировать идеи, поддающиеся операционализации исходя из наличных ресурсов и ограничений		т.ч. в виде доклада на кафедре, научном коллоквиуме, конференции и пр.), дискуссии, составление аналитических обзоров, публикации
ВЛАДЕТЬ: навыками анализа методологических проблем, возникающих при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях Код В1 (УК-1)	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение навыков анализа методологических проблем, возникающих при решении исследовательских и практических задач	В целом успешное, но не систематическое применение навыков анализа методологических проблем, возникающих при решении исследовательских и практических задач	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков анализа методологических проблем, возникающих при решении исследовательских и практических задач	Успешное и систематическое применение навыков анализа методологических проблем, возникающих при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях	Исследовательская практика, научные исследования	дискуссии, составление аналитических обзоров, публикации
ВЛАДЕТЬ: навыками критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов дея-	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение технологий критического анализа и оценки современных научных достижений и резуль-	В целом успешное, но не систематическое применение технологий критического анализа и оцен-	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение технологий критического анализа и оценки современ-	Успешное и систематическое применение технологий критического анализа и оценки современных научных	Исследовательская практика, научные исследования	дискуссии, составление аналитических обзоров, публикации

тельности по решению исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях Код В2 (УК-1)		татов деятельности по решению исследовательских и практических задач.	ки современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических задач.	ных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических задач.	достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических задач.		

Примечания:

*Категории «знать», «уметь», «владеть» применяются в следующих значениях:

«знать» – воспроизводить и объяснять учебный материал с требуемой степенью научной точности и полноты.

«уметь» – решать типичные задачи на основе воспроизведения стандартных алгоритмов решения;

«владеть» – решать усложненные задачи на основе приобретенных знаний, умений и навыков, с их применением в нетипичных ситуациях, формируется в процессе получения опыта деятельности.

ИТОГОВЫЙ КОНТРОЛЬ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИИ У ОБУЧАЮЩЕГОСЯ

Итоговый контроль сформированности компетенции – защита проекта в рамках государственного экзамена и научный доклад об основных результатах подготовленной научно-квалификационной работы (диссертации)

Промежуточный контроль (отчеты о педагогической, исследовательской практиках и научным исследованиям) согласно учебному плану

КАРТА КОМПЕТЕНЦИИ ВЫПУСКНИКА ПРОГРАММЫ АСПИРАНТУРЫ МГУ

Код и название КОМПЕТЕНЦИИ:

УК-2: Способность проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОМПЕТЕНЦИИ

Универсальная компетенция выпускника программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре (согласно требованиям ОС МГУ должна быть сформирована у выпускников любых программ аспирантуры независимо от направления подготовки)

ВХОДНОЙ УРОВНЬ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ, ТРЕБУЕМЫЙ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ

Для того чтобы формирование данной компетенции было возможно, обучающийся, приступивший к освоению программы аспирантуры должен:

ЗНАТЬ: основные направления, проблемы, теории и методы философии, содержание современных философских дискуссий по проблемам общественного развития.

УМЕТЬ: формировать и аргументированно отстаивать собственную позицию по различным проблемам философии; использовать положения и категории философии для оценивания и анализа различных социальных тенденций, фактов и явлений.

ВЛАДЕТЬ: навыками восприятия и анализа текстов, имеющих философское содержание, приемами ведения дискуссии и полемики, навыками публичной речи и письменного аргументированного изложения собственной точки зрения.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИЕ ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ,
КРИТЕРИИ, ПОКАЗАТЕЛИ И СРЕДСТВА ИХ ОЦЕНИВАНИЯ

Планируемые результаты обучения*	Критерии и показатели оценивания результатов обучения					Элемент (элементы) образователь- ной програм- мы, форми- рующие ре- зультат обучения	Оценочные средства
	1	2	3	4	5		
	Неудовле- творительно	Неудовлетво- рительно	Удовлетвори- тельно	Хорошо	Отлично		
ЗНАТЬ: методы научно- исследовательской деятельности Код 31(УК-2)	Отсутствие знаний	Фрагментарные представления о методах науч- но- исследователь- ской деятель- ности	Неполные пред- ставления о ме- тодах научно- исследователь- ской деятельно- сти	Сформирован- ные, но содер- жащие отдель- ные пробелы представления о методах научно- исследователь- ской деятельно- сти	Сформированные систематические представления о методах научно- исследователь- ской деятельно- сти	Дисциплины ва- риативной части в соответствии с направленно- стью програм- мы, исследова- тельская прак- тика, научные исследования	Экзамены и (или) зачеты по дисциплинам вариативной части (оценоч- ные средства: устные вопросы, собеседование, темы рефера- тов), отчет по исследователь- ской практике и научным иссле- дованиям

ЗНАТЬ: Основные концепции современной философии науки, основные стадии эволюции науки, функции и основания научной картины мира Код 32(УК-2)	Отсутствие знаний	Фрагментарные представления об основных концепциях современной философии науки, основных стадиях эволюции науки, функциях и основаниях научной картины мира	Неполные представления об основных концепциях современной философии науки, основных стадиях эволюции науки, функциях и основаниях научной картины мира	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы представления об основных концепциях современной философии науки, основных стадиях эволюции науки, функциях и основаниях научной картины мира	Сформированные систематические представления об основных концепциях современной философии науки, основных стадиях эволюции науки, функциях и основаниях научной картины мира	Дисциплина базовой части программы аспирантуры	Экзамены кандидатского минимума Философии и истории науки (оценочные средства: устные вопросы, составленные с учетом программ кандидатского минимума, реферат)
УМЕТЬ: использовать положения и категории философии науки для анализа и оценивания различных фактов и явлений Код У1(УК-2)	Отсутствие умений	Фрагментарное использование положений и категорий философии науки для оценивания и анализа различных фактов и явлений	В целом успешное, но не систематическое использование положений и категорий философии науки для оценивания и анализа различных фактов и явлений	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы использование положений и категорий философии науки для оценивания и анализа различных фактов и явлений	Сформированное умение использовать положения и категории философии науки для оценивания и анализа различных фактов и явлений	Дисциплина базовой части программы аспирантуры	Экзамен кандидатского минимума Философии и истории науки (оценочные средства: устные вопросы, составленные с учетом программ кандидатского минимума, реферат)

ВЛАДЕТЬ: навыками анализа основных мировоззренческих и методологических проблем, в т.ч. междисциплинарного характера, возникающих в науке на современном этапе ее развития Код В1(УК-2)	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение навыков анализа основных мировоззренческих и методологических проблем, возникающих в науке на современном этапе ее развития	В целом успешное, но не систематическое применение навыков анализа основных мировоззренческих и методологических проблем, возникающих в науке на современном этапе ее развития	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков анализа основных мировоззренческих и методологических проблем, возникающих в науке на современном этапе ее развития	Успешное и систематическое применение навыков анализа основных мировоззренческих и методологических проблем, возникающих в науке на современном этапе ее развития	Дисциплина базовой части программы аспирантуры, дисциплины вариативной части в соответствии с направленностью программы, исследовательская практика, научные исследования	Экзамен кандидатского минимума Философии и истории науки (оценочные средства: устные вопросы, составленные с учетом программ кандидатского минимума, реферат), Экзамены и зачеты по дисциплинам вариативной части, отчет по исследовательской практике и научным исследованиям
ВЛАДЕТЬ: технологиями планирования в профессиональной деятельности в сфере научных исследований Код В2(УК-2)	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение технологий планирования в профессиональной деятельности	В целом успешное, но не систематическое применение технологий планирования в профессиональной деятельности	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение технологий планирования в профессиональной деятельности	Успешное и систематическое применение технологий планирования в профессиональной деятельности	Исследовательская практика, научные исследования	Отчет по исследовательской практике и научным исследованиям (собеседование, доклад на кафедре или научном коллоквиуме)

ИТОГОВЫЙ КОНТРОЛЬ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИИ У ОБУЧАЮЩЕГОСЯ

Итоговый контроль сформированности компетенции – научный доклад об основных результатах подготовленной научно-квалификационной работы (диссертации)

Промежуточный контроль (экзамен кандидатского минимума Философии и истории науки, экзамен по дисциплине вариативной части в соответствии с направленностью программы, исследовательская практика, научные исследования отчеты о педагогической, исследовательской практиках и научным исследованиям) согласно учебному плану

КАРТА КОМПЕТЕНЦИИ ВЫПУСКНИКА ПРОГРАММЫ АСПИРАНТУРЫ МГУ

Код и название КОМПЕТЕНЦИИ:

УК-3: Готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОМПЕТЕНЦИИ

Универсальная компетенция выпускника программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре (согласно требованиям ОС МГУ должна быть сформирована у выпускников любых программ аспирантуры независимо от направления подготовки)

Освоение данной компетенции возможно после освоения универсальной компетенции УК-1 для выпускника программы аспирантуры.

ВХОДНОЙ УРОВНЬ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ, ТРЕБУЕМЫЙ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ

Для того, чтобы формирование данной компетенции было возможно, обучающийся, приступивший к освоению программы аспирантуры должен:

ЗНАТЬ: методы критического анализа и оценки современных научных достижений, методы генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях, методы научно-исследовательской деятельности.

УМЕТЬ: анализировать альтернативные варианты решения исследовательских и практических задач и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации этих вариантов.

ВЛАДЕТЬ: навыками анализа основных мировоззренческих и методологических проблем, в т.ч. междисциплинарного характера возникающих в науке на современном этапе ее развития, владеть технологиями планирования профессиональной деятельности в сфере научных исследований.

**ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИЕ ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ,
КРИТЕРИИ, ПОКАЗАТЕЛИ И СРЕДСТВА ИХ ОЦЕНИВАНИЯ**

Планируемые результаты обучения*	Критерии и показатели оценивания результатов обучения					Элемент (элементы) образователь- ной программы, формирующие результат обу- чения	Оценочные средства
	1	2	3	4	5		
	Неудовлетво- рительно	Неудовлетвори- тельно	Удовлетвори- тельно	Хорошо	Отлично		
ЗНАТЬ: особенно- сти представления результатов науч- ной деятельности в устной и письмен- ной форме при ра- боте в российских и международных исследовательских коллективах Код 31(УК-3)	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания особен- ностей предос- тавления ре- зультатов науч- ной деятельно- сти в устной и письменной форме	Неполные зна- ния особенно- стей представ- ления резуль- татов научной деятельности в устной и пись- менной форме, при работе в российских и международ- ных коллекти- вах	Сформирован- ные, но содер- жащие отдель- ные пробелы знания основ- ных особенно- стей представ- ления резуль- татов научной деятельности в устной и пись- менной форме при работе в российских и международ- ных исследова- тельских кол- лективах	Сформированные и систематиче- ские знания осо- бенностей пред- ставления ре- зультатов науч- ной деятельно- сти в устной и письменной форме при рабо- те в российских и международных исследователь- ских коллективах	Исследователь- ская практика, научные иссле- дования, дисци- плины базовой части програм- мы аспирантуры Иностранный язык	Отчет по ис- следователь- ской практике и научным ис- следованиям (собеседова- ние, доклад на кафедре или научном кол- локвиуме), за- чет по дисцип- лине Ино- странный язык, публи- кации

УМЕТЬ: следовать нормам, принятым в научном общении при работе в российских и международных исследовательских коллективах с целью решения научных и научно-образовательных задач Код У1(УК-3)	Отсутствие умений	Фрагментарное следование нормам, принятым в научном общении при работе в российских и международных исследовательских коллективах с целью решения научных и научно-образовательных задач	В целом успешное, но не систематическое следование нормам, принятым в научном общении при работе в российских и международных исследовательских коллективах с целью решения научных и научно-образовательных задач	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение следовать основным нормам, принятым в научном общении при работе в российских и международных исследовательских коллективах с целью решения научных и научно-образовательных задач	Успешное и систематическое следование нормам, принятым в научном общении, для успешной работы в российских и международных исследовательских коллективах с целью решения научных и научно-образовательных задач	Исследовательская практика, научные исследования, дисциплины базовой части программы аспирантуры Иностранный язык	Отчет по исследовательской практике и научным исследованиям (собеседование, доклад на кафедре или научном коллоквиуме)

УМЕТЬ: осуществлять личностный выбор в процессе работы в российских и международных исследовательских коллективах, оценивать последствия принятого решения и нести за него ответственность перед собой, коллегами и обществом Код У2(УК-3)	Отсутствие умений	Частично освоенное умение осуществлять личностный выбор в процессе работы в российских и международных исследовательских коллективах, оценивать последствия принятого решения и нести за него ответственность перед собой, коллегами и обществом	В целом успешное, но не систематическое умение осуществлять личностный выбор в процессе работы в российских и международных исследовательских коллективах, оценивать последствия принятого решения и нести за него ответственность перед собой, коллегами и обществом	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение осуществлять личностный выбор в процессе работы в российских и международных исследовательских коллективах, оценивать последствия принятого решения и нести за него ответственность перед собой, коллегами и обществом	Успешное и систематическое умение осуществлять личностный выбор в процессе работы в российских и международных исследовательских коллективах, оценивать последствия принятого решения и нести за него ответственность перед собой, коллегами и обществом	Исследовательская практика, научные исследования	Отчет по исследовательской практике и научным исследованиям (собеседование, доклад на кафедре или научном коллоквиуме)
ВЛАДЕТЬ: навыками анализа основных мировоззренческих и методологических проблем, в т.ч. междисциплинарного характера, возникающих при работе по решению научных и научно-образовательных	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение навыков анализа основных мировоззренческих и методологических проблем, в т.ч. междисциплинарного характера, возникающих при работе по реше-	В целом успешное, но не систематическое применение навыков анализа основных мировоззренческих и методологических проблем, в т.ч. междисциплинарного харак-	В целом успешное, но сопровождающееся отдельными ошибками применение навыков анализа основных мировоззренческих и методологических проблем, в т.ч.	Успешное и систематическое применение навыков анализа основных мировоззренческих и методологических проблем, в т.ч. междисциплинарного характера, возникающих при работе	Исследовательская практика, научные исследования, дисциплины базовой части программы аспирантуры Иностранный язык, Философия и история науки	Отчет по исследовательской практике и научным исследованиям (собеседование, доклад на кафедре или научном коллоквиуме), зачет по дисциплинам базовой

задач в российских или международных исследовательских коллективах Код В1(УК-3)		нию научных и научно-образовательных задач в российских или международных исследовательских коллективах	тера, возникающих при работе по решению научных и научно-образовательных задач в российских или международных исследовательских коллективах	междисциплинарного характера, возникающих при работе по решению научных и научно-образовательных задач в российских или международных исследовательских коллективах	по решению научных и научно-образовательных задач в российских или международных исследовательских коллективах		части, публикации
ВЛАДЕТЬ: технологиями оценки результатов коллективной деятельности по решению научных и научно-образовательных задач, в том числе ведущейся на иностранном языке Код В2(УК-3)	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение технологий оценки результатов коллективной деятельности по решению научных и научно-образовательных задач, в том числе ведущейся на иностранном языке	В целом успешное, но не систематическое применение технологий оценки результатов коллективной деятельности по решению научных и научно-образовательных задач, в том числе ведущейся на иностранном языке	В целом успешное, но сопровождающееся отдельными ошибками применение технологий оценки результатов коллективной деятельности по решению научных и научно-образовательных задач, в том числе ведущейся на иностранном языке	Успешное и систематическое применение технологий оценки результатов коллективной деятельности по решению научных и научно-образовательных задач, в том числе ведущейся на иностранном языке	Исследовательская практика, научные исследования, дисциплина базовой части программы аспирантуры Иностранный язык	Отчет по исследовательской практике и научным исследованиям (собеседование, доклад на кафедре или научном colloquium), зачет по дисциплине Иностранный язык
ВЛАДЕТЬ: техноло-	Отсутствие	Фрагментарное	В целом успеш-	В целом успеш-	Успешное и сис-	Исследователь-	Отчет по ис-

гиями планирования деятельности в рамках работы в российских и международных коллективах по решению научных и научно-образовательных задач Код В3(УК-3)	навыков	применение технологий планирования деятельности в рамках работы в российских и международных коллективах по решению научных и научно-образовательных задач	ное, но не систематическое применение технологий планирования деятельности в рамках работы в российских и международных коллективах по решению научных и научно-образовательных задач	ное, но сопровождающееся отдельными ошибками применение технологий планирования деятельности в рамках работы в российских и международных коллективах по решению научных и научно-образовательных задач	тематическое применение технологий планирования деятельности в рамках работы в российских и международных коллективах по решению научных и научно-образовательных задач	ская практика, научные исследования	следовательской практике и научным исследованиям (собеседование, доклад на кафедре или научном colloquium)
ВЛАДЕТЬ: различными типами коммуникаций при осуществлении работы в российских и международных коллективах по решению научных и научно-образовательных задач Код В4(УК-3)	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение навыков использования различных типов коммуникаций при осуществлении работы в российских и международных коллективах по решению научных и научно-образовательных задач	В целом успешное, но не систематическое применение навыков использования различных типов коммуникаций при осуществлении работы в российских и международных коллективах по решению научных и научно-образовательных задач	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков использования различных типов коммуникаций при осуществлении работы в российских и международных коллективах по решению научных и научно-образовательных задач	Успешное и систематическое владение различными типами коммуникаций при осуществлении работы в российских и международных коллективах по решению научных и научно-образовательных задач	Исследовательская практика, научные исследования	Отчет по исследовательской практике и научным исследованиям (собеседование, доклад на кафедре или научном colloquium)

			ных задач	образователь- ных задач			

ИТОГОВЫЙ КОНТРОЛЬ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИИ У ОБУЧАЮЩЕГОСЯ

Итоговый контроль сформированности компетенции – научный доклад об основных результатах подготовленной научно-квалификационной работы (диссертации)

Промежуточный контроль (экзамен кандидатского минимума Иностранный язык, исследовательская практика, научные исследования, отчеты о педагогической, исследовательской практиках и научным исследованиям) согласно учебному плану

КАРТА КОМПЕТЕНЦИИ ВЫПУСКНИКА ПРОГРАММЫ АСПИРАНТУРЫ МГУ

Шифр и название КОМПЕТЕНЦИИ:

УК-4: Готовность использовать современные методы и технологии научной коммуникации на государственном и иностранном языках

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОМПЕТЕНЦИИ

Универсальная компетенция выпускника программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре (согласно требованиям ОС МГУ должна быть сформирована у выпускников любых программ аспирантуры независимо от направления подготовки)

ВХОДНОЙ УРОВНЬ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ, ТРЕБУЕМЫЙ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ

Для того, чтобы формирование данной компетенции было возможно, обучающийся, приступивший к освоению программы аспирантуры должен:

ЗНАТЬ: виды и особенности письменных текстов и устных выступлений; понимать общее содержание сложных текстов на абстрактные и конкретные темы, в том числе узкоспециальные тексты

УМЕТЬ: подбирать литературу по теме, составлять двуязычный словник, переводить и реферировать специальную литературу, подготавливать научные доклады и презентации на базе прочитанной специальной литературы, объяснить свою точку зрения и рассказать о своих планах.

ВЛАДЕТЬ: навыками обсуждения знакомой темы, делая важные замечания и отвечая на вопросы; создания простого связного текста по знакомым или интересующим его темам, адаптируя его для целевой аудитории.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИЕ ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ, КРИТЕРИИ, ПОКАЗАТЕЛИ И СРЕДСТВА ИХ ОЦЕНИВАНИЯ

Планируемые результаты обучения*	Критерии и показатели оценивания результатов обучения					Элемент (элементы) образователь- ной программы, формирующие результат обу- чения	Оценочные средства
	1	2	3	4	5		
	Неудовлетво- рительно	Неудовлетвори- тельно	Удовлетвори- тельно	Хорошо	Отлично		

ЗНАТЬ: методы и технологии научной коммуникации на государственном и иностранном языках Код 31(УК-4)	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания методов и технологий научной коммуникации на государственном и иностранном языках	Неполные знания методов и технологий научной коммуникации на государственном и иностранном языках	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания методов и технологий научной коммуникации на государственном и иностранном языках	Сформированные и систематические знания методов и технологий научной коммуникации на государственном и иностранном языках	Исследовательская практика, научные исследования, дисциплина базовой части программы аспирантуры Иностранный язык	Отчет по исследовательской практике и научным исследованиям (собеседование, доклад на кафедре или научном коллоквиуме), зачет по дисциплине Иностранный язык
ЗНАТЬ: стилистические особенности представления результатов научной деятельности в устной и письменной форме на государственном и иностранном языках Код 32(УК-4)	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания стилистических особенностей представления результатов научной деятельности в устной и письменной форме на государственном и иностранном языках	Неполные знания стилистических особенностей представления результатов научной деятельности в устной и письменной форме на государственном и иностранном языках	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания основных стилистических особенностей представления результатов научной деятельности в устной и письменной форме на государственном и иностранном языках	Сформированные систематические знания стилистических особенностей представления результатов научной деятельности в устной и письменной форме на государственном и иностранном языках	Исследовательская практика, научные исследования, дисциплина базовой части программы аспирантуры Иностранный язык	Отчет по исследовательской практике и научным исследованиям (собеседование, доклад на кафедре или научном коллоквиуме), зачет по дисциплине Иностранный язык

УМЕТЬ: следовать основным нормам, принятым в научном общении на государственном и иностранном языках Код У1(УК-4)	Отсутствие умений	Частично освоенное умение следовать основным нормам, принятым в научном общении на государственном и иностранном языках	В целом успешное, но не систематическое умение следовать основным нормам, принятым в научном общении на государственном и иностранном языках	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение следовать основным нормам, принятым в научном общении на государственном и иностранном языках	Успешное и систематическое умение следовать основным нормам, принятым в научном общении на государственном и иностранном языках	Исследовательская практика, научные исследования	Отчет по исследовательской практике и научным исследованиям (собеседование, доклад на кафедре или научном коллоквиуме)
ВЛАДЕТЬ: навыками анализа научных текстов на государственном и иностранном языках Код В1(УК-4)	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение навыков анализа научных текстов на государственном и иностранном языках	В целом успешное, но не систематическое применение навыков анализа научных текстов на государственном и иностранном языках	В целом успешное, но сопровождающееся отдельными ошибками применение навыков анализа научных текстов на государственном и иностранном языках	Успешное и систематическое применение навыков анализа научных текстов на государственном и иностранном языках	Исследовательская практика, научные исследования, дисциплина базовой части программы аспирантуры Иностранный язык	Отчет по исследовательской практике и научным исследованиям (собеседование, доклад на кафедре или научном коллоквиуме), экзамен по дисциплине Иностранный язык

ВЛАДЕТЬ: навыками критической оценки эффективности различных методов и технологий научной коммуникации на государственном и иностранном языках Код В2(УК-4)	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение навыков критической оценки эффективности различных методов и технологий научной коммуникации на государственном и иностранном языках	В целом успешное, но не систематическое применение навыков критической оценки эффективности различных методов и технологий научной коммуникации на государственном и иностранном языках	В целом успешное, но сопровождающееся отдельными ошибками применение навыков критической оценки эффективности различных методов и технологий научной коммуникации на государственном и иностранном языках	Успешное и систематическое применение навыков критической оценки эффективности различных методов и технологий научной коммуникации на государственном и иностранном языках	Исследовательская практика, научные исследования, дисциплина базовой части программы аспирантуры Иностранный язык	Отчет по исследовательской практике и научным исследованиям (собеседование, доклад на кафедре или научном colloquium), экзамен по дисциплине Иностранный язык

ВЛАДЕТЬ: различными методами, технологиями и типами коммуникаций при осуществлении профессиональной деятельности на государственном и иностранном языках Код ВЗ(УК-4)	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение различных методов, технологий и типов коммуникаций при осуществлении профессиональной деятельности на государственном и иностранном языках	В целом успешное, но не систематическое применение различных методов, технологий и типов коммуникаций при осуществлении профессиональной деятельности на государственном и иностранном языках	В целом успешное, но сопровождающееся отдельными ошибками применение различных методов, технологий и типов коммуникаций при осуществлении профессиональной деятельности на государственном и иностранном языках	Успешное и систематическое применение различных методов, технологий и типов коммуникаций при осуществлении профессиональной деятельности на государственном и иностранном языках	Исследовательская практика, научные исследования, дисциплина базовой части программы аспирантуры Иностранный язык	Отчет по исследовательской практике и научным исследованиям (собеседование, доклад на кафедре или научном colloquium), экзамен по дисциплине Иностранный язык

ИТОГОВЫЙ КОНТРОЛЬ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИИ У ОБУЧАЮЩЕГОСЯ

Итоговый контроль сформированности компетенции – научный доклад об основных результатах подготовленной научно-квалификационной работы (диссертации)

Промежуточный контроль (экзамен кандидатского минимума Иностранный язык, исследовательская практика, научные исследования, отчеты о педагогической, исследовательской практиках и научным исследованиям) согласно учебному плану

КАРТА КОМПЕТЕНЦИИ ВЫПУСКНИКА ПРОГРАММЫ АСПИРАНТУРЫ МГУ

Шифр и название КОМПЕТЕНЦИИ:

УК-5: способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОМПЕТЕНЦИИ

Универсальная компетенция выпускника программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре (согласно требованиям ОС МГУ должна быть сформирована у выпускников любых программ аспирантуры независимо от направления подготовки)

ВХОДНОЙ УРОВНЬ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ, ТРЕБУЕМЫЙ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ

Для того, чтобы формирование данной компетенции было возможно, обучающийся, приступивший к освоению программы аспирантуры должен:

ЗНАТЬ: возможные сферы и направления профессиональной самореализации; приемы и технологии целеполагания и целереализации; пути достижения более высоких уровней профессионального и личного развития

УМЕТЬ: выявлять и формулировать проблемы собственного развития, исходя из этапов профессионального роста и требований рынка труда к специалисту; формулировать цели профессионального и личностного развития, оценивать свои возможности, реалистичность и адекватность намеченных способов и путей достижения планируемых целей.

ВЛАДЕТЬ: приемами целеполагания, планирования, реализации необходимых видов деятельности, оценки и самооценки результатов деятельности по решению профессиональных задач; приемами выявления и осознания своих возможностей, личностных и профессионально-значимых качеств с целью их совершенствования.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИЕ ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ,
КРИТЕРИИ, ПОКАЗАТЕЛИ И СРЕДСТВА ИХ ОЦЕНИВАНИЯ

Планируемые результаты обучения*	Критерии и показатели оценивания результатов обучения					Элемент (элементы) образователь- ной программы, формирующие результат обу- чения	Оценочные средства
	1	2	3	4	5		
	Неудовлетво- рительно	Неудовлетвори- тельно	Удовлетвори- тельно	Хорошо	Отлично		
ЗНАТЬ: содержание процесса целеполагания профессионального и личностного развития, его особенности и способы реализации при решении профессиональных задач, исходя из этапов карьерного роста и требований рынка труда. Код 31(УК-5)	Не имеет базовых знаний	Допускает существенные ошибки при раскрытии содержания процесса целеполагания, его особенностей и способов реализации.	Демонстрирует частичные знания содержания процесса целеполагания, некоторых особенностей профессионального развития и самореализации личности, указывает способы реализации, но не может обосновать их использования в конкретных ситуациях.	Демонстрирует знания сущности процесса целеполагания, отдельных особенностей процесса и способов его реализации, характеристик профессионального развития личности, но не выделяет критерии выбора способов целереализации при решении профессиональных задач.	Раскрывает полное содержание процесса целеполагания, всех его особенностей, аргументированно обосновывает критерии выбора способов профессиональной и личностной целе-реализации при решении профессиональных задач.	Исследователь-ская практика, научные исследования	Отчет по исследовательской практике и научным исследованиям (собеседование, доклад на кафедре или научном коллоквиуме)

УМЕТЬ: следовать основным нормам, принятым в научном общении на государственном и иностранном языках Код У1(УК-5)	Отсутствие умений	Имея базовые представления о тенденциях развития профессиональной деятельности и этапах профессионального роста, не способен сформулировать цели профессионального и личностного развития.	При формулировке целей профессионального и личностного развития не учитывает тенденции развития сферы профессиональной деятельности и индивидуально-личностные особенности.	Формулирует цели личностного и профессионального развития, исходя из тенденций развития сферы профессиональной деятельности и индивидуально-личностных особенностей, но не полностью учитывает возможные этапы профессиональной социализации.	Готов и умеет формулировать цели личностного и профессионального развития и условия их достижения, исходя из тенденций развития области профессиональной деятельности, этапов профессионального роста, индивидуально-личностных особенностей.	Педагогическая и исследовательская практика, научные исследования	Отчет по практике, деловая игра

УМЕТЬ: осуществлять личностный выбор в различных профессиональных и морально-ценностных ситуациях, оценивать последствия принятого решения и нести за него ответственность перед собой и обществом Код У2(УК-5)	Не готов и не умеет осуществлять личностный выбор в различных профессиональных и морально-ценностных ситуациях, оценивать последствия принятого решения и нести за него ответственность перед собой и обществом.	Готов осуществлять личностный выбор в конкретных профессиональных и морально-ценностных ситуациях, но не умеет оценивать последствия принятого решения и нести за него ответственность перед собой и обществом.	Осуществляет личностный выбор в конкретных профессиональных и морально-ценностных ситуациях, оценивает некоторые последствия принятого решения, но не готов нести за него ответственность перед собой и обществом.	Осуществляет личностный выбор в стандартных профессиональных и морально-ценностных ситуациях, оценивает некоторые последствия принятого решения и готов нести за него ответственность перед собой и обществом.	Умеет осуществлять личностный выбор в различных нестандартных профессиональных и морально-ценностных ситуациях, оценивать последствия принятого решения и нести за него ответственность перед собой и обществом.	Педагогическая и исследовательская практика, научные исследования	Отчет по практике, деловая игра

ВЛАДЕТЬ: приемами и технологиями целеполагания, целереализации и оценки результатов деятельности по решению профессиональных задач Код В1(УК-5)	Отсутствие навыков	Владеет отдельными приемами и технологиями целеполагания, целереализации и оценки результатов деятельности по решению стандартных профессиональных задач, допуская ошибки при выборе приемов и технологий и их реализации.	Владеет отдельными приемами и технологиями целеполагания, целереализации и оценки результатов деятельности по решению стандартных профессиональных задач, давая не полностью аргументированное обоснование предлагаемого варианта решения.	Владеет приемами и технологиями целеполагания, целереализации и оценки результатов деятельности по решению стандартных профессиональных задач, полностью аргументируя предлагаемые варианты решения.	Демонстрирует владение системой приемов и технологий целеполагания, целереализации и оценки результатов деятельности по решению не-стандартных профессиональных задач, полностью аргументируя выбор предлагаемого варианта решения.	Исследовательская практика, научные исследования	Отчет по практике, деловая игра, аналитические обзоры, эссе

ВЛАДЕТЬ: способами выявления и оценки индивидуально-личностных, профессионально-значимых качеств и путями достижения более высокого уровня их развития Код В2(УК-5)	Отсутствие навыков	Владеет информацией о способах выявления и оценки индивидуально-личностных, профессионально-значимых качеств и путях достижения более высокого уровня их развития, допуская существенные ошибки при применении данных знаний.	Владеет некоторыми способами выявления и оценки индивидуально-личностных и профессионально-значимых качеств, необходимых для выполнения профессиональной деятельности, при этом не демонстрирует способность оценки этих качеств и выделения конкретных путей их совершенствования.	Владеет отдельными способами выявления и оценки индивидуально-личностных и профессионально-значимых качеств, необходимых для выполнения профессиональной деятельности, и выделяет конкретные пути самосовершенствования.	Владеет системой способов выявления и оценки индивидуально-личностных и профессионально-значимых качеств, необходимых для профессиональной самореализации, и определяет адекватные пути самосовершенствования.	Исследовательская практика, научные исследования	Отчет по практике, деловая игра, аналитические обзоры, эссе

ИТОГОВЫЙ КОНТРОЛЬ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИИ У ОБУЧАЮЩЕГОСЯ

Итоговый контроль сформированности компетенции – защита проекта в рамках государственного экзамена и научный доклад об основных результатах подготовленной научно-квалификационной работы (диссертации)

Промежуточный контроль (отчеты о педагогической, исследовательской практиках и научным исследованиям) согласно учебному плану

КАРТА КОМПЕТЕНЦИИ ВЫПУСКНИКА ПРОГРАММЫ АСПИРАНТУРЫ МГУ

Шифр и название КОМПЕТЕНЦИИ:

ОПК-1: способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОМПЕТЕНЦИИ

Общепрофессиональная компетенция выпускника программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре (согласно требованиям ОС МГУ должна быть сформирована у выпускников любых программ аспирантуры независимо от направления подготовки)

ВХОДНОЙ УРОВНЬ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ, ТРЕБУЕМЫЙ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ

Для того, чтобы формирование данной компетенции было возможно, обучающийся, приступивший к освоению программы аспирантуры должен:

ЗНАТЬ: цели и задачи научных исследований по направлению деятельности, базовые принципы и методы их организации; основные источники научной информации и требования к представлению информационных материалов

УМЕТЬ: составлять общий план работы по заданной теме, предлагать методы исследования и способы обработки результатов, проводить исследования по согласованному с руководителем плану, представлять полученные результаты.

ВЛАДЕТЬ: систематическими знаниями по направлению деятельности; углубленными знаниями по выбранной направленности подготовки, базовыми навыками проведения научно-исследовательских работ по предложенной теме.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИЕ ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ,
КРИТЕРИИ, ПОКАЗАТЕЛИ И СРЕДСТВА ИХ ОЦЕНИВАНИЯ

Планируемые результаты обучения*	Критерии и показатели оценивания результатов обучения					Элемент (элементы) образователь- ной программы, формирующие результат обу- чения	Оценочные средства
	1	2	3	4	5		
	Неудовлетво- рительно	Неудовлетвори- тельно	Удовлетвори- тельно	Хорошо	Отлично		
ЗНАТЬ: современ- ные способы ис- пользования ин- формационно- коммуникацион- ных технологий в выбранной сфере деятельности Код 31(ОПК-1)	Отсутствие зна- ний	Фрагментарные представления о современных способах исполь- зования инфор- мационно- коммуникацион- ных технологий в выбранной сфере деятель- ности	В целом успеш- ные, но не сис- тематические представления о современных способах ис- пользования информацион- но- коммуникаци- онных техноло- гий в выбран- ной сфере дея- тельности	В целом успеш- ные, но содер- жащие отдель- ные пробелы, представления о современных способах ис- пользования информацион- но- коммуникаци- онных техноло- гий в выбран- ной сфере дея- тельности	Сформирован- ные представ- ления о совре- менных спосо- бах использо- вания инфор- мационно- коммуникаци- онных техноло- гий в выбран- ной сфере дея- тельности	Дисциплины ва- риативной части по методологии и технологий проведения на- учных исследо- ваний, исследо- вательская практика, науч- ные исследова- ния	Зачет по дис- циплине ва- риативной части, отчет по практике

УМЕТЬ: выбирать и применять в профессиональной деятельности экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследования Код У1(ОПК-1)	Отсутствие умений	Фрагментарное использование умения выбирать и использовать экспериментальные и расчетно-теоретические методы для решения научной задачи	В целом успешное, но не систематическое использование умения выбирать и использовать экспериментальные и расчетно-теоретические методы для решения научной задачи	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы использование умения выбирать и использовать экспериментальные и расчетно-теоретические методы для решения научной задачи	Сформированное умение выбирать и использовать экспериментальные и расчетно-теоретические методы для решения научной задачи	Дисциплины вариативной части по профилю подготовки, исследовательская практика, научные исследования	Зачет по дисциплине вариативной части, отчет по практике
ВЛАДЕТЬ: навыками поиска (в том числе с использованием информационных систем и баз данных) и критического анализа информации по тематике проводимых исследований Код В1(ОПК-1)	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение навыков поиска и критического анализа научной и технической информации	В целом успешное, но не систематическое применение навыков поиска и критического анализа научной и технической информации	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков поиска и критического анализа научной и технической информации	Успешное и систематическое применение навыков поиска и критического анализа научной и технической информации	исследовательская практика, научные исследования	отчет по практике

ВЛАДЕТЬ: навыками планирования научного исследования, анализа полученных результатов и формулировки выводов Код В2(ОПК-1)	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение навыков планирования научного исследования, анализа полученных результатов и формулировки выводов	В целом успешное, но не систематическое применение навыков планирования научного исследования, анализа полученных результатов и формулировки выводов	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков планирования научного исследования, анализа полученных результатов и формулировки выводов	Успешное и систематическое применение навыков планирования научного исследования, анализа полученных результатов и формулировки выводов	исследовательская практика, научные исследования	отчет по практике, публикации
ВЛАДЕТЬ: владеть навыками представления и продвижения результатов интеллектуальной деятельности Код В3(ОПК-1)	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение навыков представления и продвижения результатов интеллектуальной деятельности	В целом успешное, но не систематическое применение навыков представления и продвижения результатов интеллектуальной деятельности	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков представления и продвижения результатов интеллектуальной деятельности	Успешное и систематическое применение навыков представления и продвижения результатов интеллектуальной деятельности	исследовательская практика, научные исследования	отчет по практике, публикации, доклады на научных семинарах и коллоквиумах

ИТОГОВЫЙ КОНТРОЛЬ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИИ У ОБУЧАЮЩЕГОСЯ

Итоговый контроль сформированности компетенции –научный доклад об основных результатах подготовленной научно-квалификационной работы (диссертации)

Промежуточный контроль (отчеты о исследовательской практике и научным исследованиям) согласно учебному плану

КАРТА КОМПЕТЕНЦИИ ВЫПУСКНИКА ПРОГРАММЫ АСПИРАНТУРЫ МГУ

Шифр и название КОМПЕТЕНЦИИ:

ОПК-2: готовность организовать работу исследовательского коллектива в области химии и смежных наук

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОМПЕТЕНЦИИ

Общепрофессиональная компетенция выпускника программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре (согласно требованиям ОС МГУ должна быть сформирована у выпускников любых программ аспирантуры независимо от направления подготовки)

ВХОДНОЙ УРОВНЬ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ, ТРЕБУЕМЫЙ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ

Для того, чтобы формирование данной компетенции было возможно, обучающийся, приступивший к освоению программы аспирантуры должен:

ЗНАТЬ: этические нормы поведения личности, особенности работы научного коллектива в области химии и смежных наук

УМЕТЬ: формулировать конкретные задачи и план действий по реализации поставленных целей, проводить исследования, направленные на решение поставленной задачи в рамках научного коллектива, анализировать и представлять полученные при этом результаты.

ВЛАДЕТЬ: систематическими знаниями по выбранной направленности подготовки, навыками проведения исследовательских работ по предложенной теме в составе научного коллектива.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИЕ ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ,
КРИТЕРИИ, ПОКАЗАТЕЛИ И СРЕДСТВА ИХ ОЦЕНИВАНИЯ

Планируемые результаты обучения*	Критерии и показатели оценивания результатов обучения					Элемент (элементы) образователь- ной программы, формирующие результат обу- чения	Оценочные средства
	1	2	3	4	5		
	Неудовлетво- рительно	Неудовлетвори- тельно	Удовлетвори- тельно	Хорошо	Отлично		
ЗНАТЬ: основные принципы органи- зации работы в коллективе и спо- собы разрешения конфликтных си- туаций Код 31(ОПК-2)	Отсутствие зна- ний	Фрагментарные представления об основных принципах орга- низации работы в коллективе, отсутствие пред- ставлений о спо- собах разреше- ния конфликт- ных ситуаций	Неполные представления об основных принципах ор- ганизации ра- боты в коллек- тиве, общие представления о способах раз- решения кон- фликтных си- туаций	Сформирован- ные, но содер- жащие отдель- ные пробелы представления об основных принципах ор- ганизации ра- боты в коллек- тиве, конкрет- ные представ- ления о спосо- бах разрешения конфликтных ситуаций	Сформирован- ные система- тические представления об основных принципах ор- ганизации ра- боты в коллек- тиве и спосо- бах разреше- ния типичных неконструк- тивных пред- конфликтных и конфликт- ных ситуаций	Дисциплины, на- правленные на получение зна- ний в области педагогики выс- шей школы, пе- дагогическая и исследователь- ская практика, научные иссле- дования	Зачет по дис- циплине, на- правленной на получение знаний в об- ласти педаго- гики высшей школы, отчет по практике, подготовка и проведение бесед, дискус- сий

УМЕТЬ: планировать научную работу, формировать состав рабочей группы и оптимизировать распределение обязанностей между членами исследовательского коллектива Код У1(ОПК-2)	Отсутствие умений	Фрагментарное использование разделения научной работы на составные части, отсутствие умения оптимизировать распределение обязанностей между членами команды	В целом успешное, но не систематическое использование умения планировать научную работу и формировать команду с адекватным распределением обязанностей между членами коллектива	Сформированное умение составления плана научной работы, схем взаимодействия при решении исследовательских и практических задач с оценкой их сильных и слабых сторон, но наличие определенных затруднений с формированием команды	Сформированное умение составления плана научной работы с выделением параллельно и последовательно выполняемых стадий с оптимальным распределением обязанностей между членами коллектива	педагогическая и исследовательская практика, научные исследования	отчет по практике, подготовка и проведение бесед, дискуссий, деловые игры
УМЕТЬ: осуществлять подбор обучающихся в бакалавриате, специалитете и магистратуре для выполнения НИР и квалификационных работ Код У2(ОПК-2)	Отсутствие умений	Ограниченные возможности в подборе обучающихся в бакалавриате, специалитете и магистратуре для выполнения НИР	Умение подбирать обучающихся в бакалавриате, специалитете и магистратуре для выполнения НИР	Умение подбирать обучающихся для выполнения НИР и квалификационных работ	Сформированное умение и наличие опыта подбора обучающихся для выполнения НИР и квалификационных работ	Педагогическая практика	Отчет по практике, подготовка и проведение бесед, дискуссий

ВЛАДЕТЬ: организаторскими способностями, навыками планирования и распределения работы между членами исследовательского коллектива Код В1(ОПК-2)	Отсутствие навыков	Слабо выраженные организаторские способности, преимущественно подчиненное положение в команде, наличие исполнительских навыков	Слабо выраженные организаторские способности, наличие внутренних стимулов к организации работы в исследовательском коллективе	Выраженные организаторские способности, но отсутствие достаточных практических навыков планирования и распределения работы между членами исследовательского коллектива	Явно выраженные лидерские качества и организаторские способности, наличие опыта планирования и распределения работы между членами исследовательского коллектива	Педагогическая и исследовательская практика, научные исследования	Отчет по практике, составление аналитических отчетов по результатам осуществляемой деятельности
ВЛАДЕТЬ: навыками коллективного обсуждения планов работ, получаемых научных результатов, согласования интересов сторон и урегулирования конфликтных ситуаций в команде Код В2(ОПК-2)	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение навыков коллективного обсуждения планов работ, получаемых научных результатов, ограниченные возможности согласования интересов сторон и урегулирования конфликтных ситуаций в команде	В целом успешное, но не систематическое применение навыков коллективного обсуждения планов работ, получаемых научных результатов, отсутствие опыта согласования интересов сторон и урегулирования конфликтных ситуаций в команде	В целом успешное применение навыков коллективного обсуждения планов работ, получаемых научных результатов, наличие опыта согласования интересов сторон и урегулирования конфликтных ситуаций в команде	Успешное и систематическое применение навыков коллективного обсуждения планов работ, получаемых научных результатов, согласования интересов сторон и урегулирования конфликтных ситуаций в команде	Исследовательская практика, научные исследования	Отчет по практике, составление аналитических отчетов по результатам осуществляемой деятельности

ИТОГОВЫЙ КОНТРОЛЬ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИИ У ОБУЧАЮЩЕГОСЯ

Итоговый контроль сформированности компетенции – защита проекта в рамках государственного экзамена и научный доклад об основных результатах подготовленной научно-квалификационной работы (диссертации)

Промежуточный контроль (зачет по дисциплине, направленной на получение знаний в области педагогики высшей школы, отчеты о педагогической, исследовательской практиках и научным исследованиям) согласно учебному плану

КАРТА КОМПЕТЕНЦИИ ВЫПУСКНИКА ПРОГРАММЫ АСПИРАНТУРЫ МГУ

Шифр и название КОМПЕТЕНЦИИ:

ОПК-3: готовность к преподавательской деятельности по основным образовательным программам высшего образования

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОМПЕТЕНЦИИ

Общепрофессиональная компетенция выпускника программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре (согласно требованиям ОС МГУ должна быть сформирована у выпускников любых программ аспирантуры независимо от направления подготовки)

ВХОДНОЙ УРОВНЬ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ, ТРЕБУЕМЫЙ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ

Для того, чтобы формирование данной компетенции было возможно, обучающийся, приступивший к освоению программы аспирантуры должен:

ЗНАТЬ: основные тенденции развития в соответствующей области науки

УМЕТЬ: осуществлять отбор материала, характеризующего достижения науки с учетом специфики направления подготовки.

ВЛАДЕТЬ: методами и технологиями межличностной коммуникации, навыками публичной речи.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИЕ ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ,
КРИТЕРИИ, ПОКАЗАТЕЛИ И СРЕДСТВА ИХ ОЦЕНИВАНИЯ

Планируемые результаты обучения*	Критерии и показатели оценивания результатов обучения					Элемент (элементы) образователь- ной программы, формирующие результат обу- чения	Оценочные средства
	1	2	3	4	5		
	Неудовлетво- рительно	Неудовлетвори- тельно	Удовлетвори- тельно	Хорошо	Отлично		
ЗНАТЬ: норматив- но-правовые осно- вы преподаватель- ской деятельности в системе высшего образования Код 31(ОПК-3)	отсутствие зна- ний	фрагментарные представления об основных тре- бованиях, предъ- являемых к пре- подавателям в системе высшего образования	сформирован- ные представ- ления о требо- ваниях, предъ- являемых к обеспечению учебной дисци- плины и пре- подавателю, ее реализующему в системе ВО	сформирован- ные представ- ления о требо- ваниях к фор- мированию и реализации учебного плана в системе выс- шего образова- ния	сформировать представления о требованиях к формированию и реализации ООП в системе высшего обра- зования	Дисциплины, направленные на получение знаний в облас- ти педагогики высшей школы, нормативно- методических основ разработ- ки и реализации ООП ВО	Зачет по ре- зультатам устного собе- седования, письменной работы, рефе- рата

ЗНАТЬ: требования к квалификационным работам бакалавров, специалистов, магистров Код 32(ОПК-3)	Отсутствие знаний	Фрагментарные представления о требованиях к квалификационным работам бакалавров, специалистов, магистров	Неполные представления о требованиях к квалификационным работам бакалавров, специалистов, магистров	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы представления о требованиях к квалификационным работам бакалавров, специалистов, магистров	Сформированные систематические представления о требованиях к квалификационным работам бакалавров, специалистов, магистров	Дисциплины, направленные на получение знаний в области педагогики высшей школы, нормативно-методических основ разработки и реализации ООП ВО	Зачет по результатам устного собеседования, письменной работы, реферата
УМЕТЬ: осуществлять отбор и использовать оптимальные методы преподавания Код У1(ОПК-3)	Отсутствие умений	отбор и использование методов, не обеспечивающих освоение дисциплин	отбор и использование методов преподавания с учетом специфики преподаваемой дисциплины	отбор и использование методов с учетом специфики направленности (профиля) подготовки	отбор и использование методов преподавания с учетом специфики направления подготовки	Педагогическая практика	Отчет по практике
УМЕТЬ: курировать выполнение квалификационных работ бакалавров, специалистов, магистров Код У2(ОПК-3)	Отсутствие умений	Затруднения с разработкой плана и структуры квалификационной работы	Умение разрабатывать план и структуру квалификационной работы	Оказание разовых консультаций учащимся по методам исследования и источникам информации при выполнении квалификационных работ бакалавров, специалистов, магистров	Оказание систематических консультаций учащимся по методам исследования и источникам информации при выполнении квалификационных работ бакалавров, специалистов, магистров	Педагогическая практика	Отчет по практике

ВЛАДЕТЬ: технологией проектирования образовательного процесса на уровне высшего образования Код В1(ОПК-3)	Отсутствие на- выков	проектируемый образовательный процесс не приобретает целостности	проектирует образовательный процесс в рамках дисциплины	проектирует образовательный процесс в рамках модуля	проектирует образовательный процесс в рамках учебного плана	Педагогическая практика	Отчет по практике

ИТОГОВЫЙ КОНТРОЛЬ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИИ У ОБУЧАЮЩЕГОСЯ

Итоговый контроль сформированности компетенции – защита проекта в рамках государственного экзамена

Промежуточный контроль (зачет по дисциплине, направленной на подготовку к преподавательской деятельности, отчеты о педагогической, исследовательской практиках и научным исследованиям) согласно учебному плану. ФОС к зачету по дисциплине, направленной на получение знаний в области педагогики высшей школы, нормативно-методических основ разработки и реализации ООП ВО, и требования к содержанию и оформлению отчета по практике, к презентации отчета, к отзыву руководителя практики и т.п. приведены в соответствующих Приложениях

КАРТА КОМПЕТЕНЦИИ ВЫПУСКНИКА ПРОГРАММЫ АСПИРАНТУРЫ МГУ

Код и название КОМПЕТЕНЦИИ:

ПК-1: способность к самостоятельному проведению научно-исследовательской работы и получению научных результатов, удовлетворяющих установленным требованиям к содержанию диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук по специальности 02.00.01 Неорганическая химия

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОМПЕТЕНЦИИ

Тип КОМПЕТЕНЦИИ:

Профессиональная компетенция выпускника программы аспирантуры по направлению подготовки 04.06.01 Химические науки.

ПОРОГОВЫЙ (ВХОДНОЙ) УРОВНЬ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ, ТРЕБУЕМЫЙ ДЛЯ
ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ

Для того чтобы формирование данной компетенции было возможно, обучающийся, приступивший к освоению программы аспирантуры, должен:

- **ЗНАТЬ:** фундаментальные основы неорганической химии и основные тенденции ее развития.
- **УМЕТЬ:** составлять отчёты о научно-исследовательской работе, включающие обзор литературы, экспериментальную часть и обсуждение результатов
- **ВЛАДЕТЬ:** синтетическими и аналитическими методами исследований в неорганической химии и неорганическом материаловедении.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ (ПК-1) И КРИТЕРИИ ИХ ОЦЕНИВАНИЯ

Планируемые результаты обу- чения (показатели дос-	Критерии оценивания результатов обучения					Элемент (элементы) образова- тельной про- граммы,	Оценочные средства
	1	2	3	4	5		

тижения заданного уровня освоения компетенций)						формирующие результаты обучения	
ЗНАТЬ: современное состояние науки в области неорганической химии Код 31(ПК-1)-1	Отсутствие знаний	Фрагментарные представления о современном состоянии науки в области неорганической химии	Неполные представления о современном состоянии науки в области неорганической химии	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы, представления о современном состоянии науки в области неорганической химии	Сформированные систематические представления о современном состоянии науки в области неорганической химии	Дисциплины научной специальности	Экзамены и (или) зачеты по дисциплинам (оценочные средства: устные вопросы, письменная работа, собеседование и т.п.)
ЗНАТЬ: нормативные документы для составления заявок, грантов, проектов НИР Код 3 (ПК-1)-2	Отсутствие знаний	Фрагментарные представления о нормативных документах для составления заявок, грантов, проектов НИР	Неполные представления о нормативных документах для составления заявок, грантов, проектов НИР	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания нормативных документов для составления заявок, грантов, проектов НИР	Сформированные систематические знания нормативных документов для составления заявок, грантов, проектов НИР	Научные исследования	Отчеты о научных исследованиях
ЗНАТЬ: требования к содержанию и правилам оформления рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях неорганического профиля Код 3 (ПК-1)-3	Отсутствие знаний	Фрагментарные представления о требованиях к содержанию и правилам оформления рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях неорганического профиля	Общие представления о требованиях к содержанию и правилам оформления рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях неорганического профиля	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы представления о требованиях к содержанию и правилам оформления рукописей, наличие однократного опыта публикаций в рецензируемых научных изданиях неорганического профиля	Сформированные представления о требованиях к содержанию и правилам оформления рукописей, наличие неоднократного опыта публикаций в рецензируемых научных изданиях неорганического профиля	Исследовательская практика, научные исследования	Отчеты о научных исследованиях, практике, публикации
УМЕТЬ: представлять на-	Отсутствие уме-	Фрагментарное использование	В целом успешное, но не системати-	В целом успешное, но содержащее отдель-	Сформированное умение использо-	Исследовательская	Публикации

учные результаты по теме диссертационной работы в виде публикаций в рецензируемых научных изданиях Код У(ПК-1)-1	ний	методов подготовки научных результатов к публикации в рецензируемых научных изданиях	ческое использование методов подготовки научных результатов к публикации в рецензируемых научных изданиях	ные пробелы использование методов подготовки научных результатов к публикации в рецензируемых научных изданиях	вать методов подготовки научных результатов к публикации в рецензируемых научных изданиях	практика, научные исследования	
УМЕТЬ: готовить заявки на получение научных грантов и заключения контрактов по НИР в области неорганической химии Код: У (ПК-1)-2	Отсутствие умений	Умение готовить отдельные материалы для заявки на получение научных грантов по поручению научного руководителя	В целом успешное, но не систематическое использование умения готовить заявки на получение научных грантов и заключения контрактов по НИР	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение готовить предложения по тематике и плану реализации исследовательских проектов, а также оформлять проект согласно установленным требованиям	Сформированное умение готовить предложения по тематике и плану реализации исследовательских проектов; обосновывать предложения с точки зрения реалистичности сроков, затрат и ресурсной обеспеченности; оформлять проект согласно установленным требованиям	Исследовательская практика, научные исследования	Отчеты по практике, научным исследованиям
УМЕТЬ: представлять результаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому и бизнес-сообществу Код: У (ПК-1)-3	Отсутствие умений	Умение представлять результаты НИР узкому кругу специалистов	В целом успешное, умение представлять результаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому сообществу	Успешное умение представлять результаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому и бизнес-сообществу	Сформированное умение представлять результаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому и бизнес-сообществу; определять целевые группы и форматы	Исследовательская практика, научные исследования	Отчеты по практике, научным исследованиям, научные доклады на конференциях научных семинарах и коллоквиумах, вы-

					продвижения результатов собственной научной деятельности		ставках по профилю подготовки
ВЛАДЕТЬ: методами планирования, подготовки, проведения НИР, анализа полученных данных, формулировки выводов и рекомендаций по направленности (научной специальности) 02.00.01 Неорганическая химия Код В (ПК-1)-1	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение методов планирования, подготовки и проведения НИР, анализа и обсуждения полученных данных	В целом успешное, но не систематическое применение методов планирования, подготовки, проведения НИР, анализа полученных данных	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение методов планирования, подготовки, проведения НИР, анализа полученных данных, формулировка выводов по результатам НИР	Успешное и систематическое применение методов планирования, подготовки и проведения НИР и анализа и обсуждения экспериментальных данных; формулировка выводов и рекомендаций по результатам НИР	Исследовательская практика, научные исследования	Отчеты по практике, научным исследованиям, научные доклады на конференциях, статьи
ВЛАДЕТЬ: навыками составления и подачи конкурсных заявок на выполнение научно-исследовательских и проектных работ по направленности подготовки 02.00.01 Неорганическая химия Код: В (ПК-1) -2	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение навыков составления и подачи конкурсных заявок на выполнение научно-исследовательских и проектных работ по направленности подготовки	В целом успешное, но не систематическое применение навыков составления и подачи конкурсных заявок на выполнение научно-исследовательских и проектных работ по направленности подготовки	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков составления и подачи конкурсных заявок на выполнение научно-исследовательских и проектных работ по направленности подготовки	Успешное и систематическое применение навыков составления и подачи конкурсных заявок на выполнение научно-исследовательских и проектных работ по направленности подготовки	Исследовательская практика, научные исследования	Отчеты по практике, научным исследованиям, тексты заявок

ИТОГОВЫЙ КОНТРОЛЬ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИИ У ОБУЧАЮЩЕГОСЯ

Итоговый контроль сформированности компетенции –научный доклад об основных результатах подготовленной научно-квалификационной работы (диссертации)

Промежуточный контроль (экзамен кандидатского минимума по специальности, зачеты по дисциплинам вариативной части по профилю подготовки, отчеты о исследовательской практике и научным исследованиям) согласно учебному плану

КАРТА КОМПЕТЕНЦИИ ВЫПУСКНИКА ПРОГРАММЫ АСПИРАНТУРЫ МГУ

Код и название КОМПЕТЕНЦИИ:

ПК-2: способность к самостоятельному проведению научно-исследовательской работы и получению научных результатов, удовлетворяющих установленным требованиям к содержанию диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук по специальности 02.00.02 Аналитическая химия

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОМПЕТЕНЦИИ

Тип КОМПЕТЕНЦИИ:

Профессиональная компетенция выпускника программы аспирантуры по направлению подготовки 04.06.01 Химические науки.

ПОРОГОВЫЙ (ВХОДНОЙ) УРОВНЬ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ, ТРЕБУЕМЫЙ ДЛЯ
ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ

Для того чтобы формирование данной компетенции было возможно, обучающийся, приступивший к освоению программы аспирантуры, должен:

- **ЗНАТЬ:** фундаментальные основы аналитической химии и основные тенденции ее развития.
- **УМЕТЬ:** составлять отчёты о научно-исследовательской работе, включающие обзор литературы, экспериментальную часть и обсуждение результатов
- **ВЛАДЕТЬ:** базовыми теоретическими представлениями и методами исследований в аналитической химии

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ (ПК-2) И КРИТЕРИИ ИХ ОЦЕНИВАНИЯ

Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения					Элемент (элементы) образовательной программы, формирующие результат обучения	Оценочные средства
	1	2	3	4	5		
ЗНАТЬ: современное состояние науки в области аналитической химии Код 3 (ПК-2)-1	Отсутствие знаний	Фрагментарные представления о современном состоянии науки в области аналитической химии	Неполные представления о современном состоянии науки в области аналитической химии	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы, представления о современном состоянии науки в области аналитической химии	Сформированные систематические представления о современном состоянии науки в области аналитической химии	Дисциплины научной специальности	Экзамены и (или) зачеты по дисциплинам (оценочные средства: устные вопросы, письменная работа, собеседование и т.п.)
ЗНАТЬ: нормативные документы для составления заявок, грантов, проектов НИР Код 3 (ПК-2)-2	Отсутствие знаний	Фрагментарные представления о нормативных документах для составления заявок, грантов, проектов НИР	Неполные представления о нормативных документах для составления заявок, грантов, проектов НИР	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания нормативных документов для составления заявок, грантов, проектов НИР	Сформированные систематические знания нормативных документов для составления заявок, грантов, проектов НИР	Научные исследования	Отчеты о научных исследованиях
ЗНАТЬ: требования к содержанию и правила оформления рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях по профилю анали-	Отсутствие знаний	Фрагментарные представления о требованиях к содержанию и правилам оформления рукописей к публикации в	Общие представления о требованиях к содержанию и правилам оформления рукописей к публикации в рецензируемых	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы представления о требованиях к содержанию и правилам оформления рукописей, наличие одно-	Сформированные представления о требованиях к содержанию и правилам оформления рукописей, наличие неоднократного опыта публика-	Исследовательская практика, научные исследования	Отчеты о научных исследованиях, практике, публикации

тической химии Код 3 (ПК-2)-3		рецензируемых научных изданий по профилю аналитической химии	научных изданиях по профилю аналитической химии	кратного опыта публикаций в рецензируемых научных изданиях по профилю аналитической химии	ций в рецензируемых научных изданиях по профилю аналитической химии		
УМЕТЬ: представлять научные результаты по теме диссертационной работы в виде публикаций в рецензируемых научных изданиях Код У(ПК-2)-1	Отсутствие умений	Фрагментарное использование методов подготовки научных результатов к публикации в рецензируемых научных изданиях	В целом успешное, но не систематическое использование методов подготовки научных результатов к публикации в рецензируемых научных изданиях	В целом успешное, но содержащее отдельные проблемы использование методов подготовки научных результатов к публикации в рецензируемых научных изданиях	Сформированное умение использовать методов подготовки научных результатов к публикации в рецензируемых научных изданиях	Исследовательская практика, научные исследования	Публикации
УМЕТЬ: готовить заявки на получение научных грантов и заключения контрактов по НИР в области аналитической химии Код: У (ПК-2)-2	Отсутствие умений	Умение готовить отдельные материалы для заявки на получение научных грантов по поручению научного руководителя	В целом успешное, но не систематическое умение готовить заявки на получение научных грантов и заключения контрактов по НИР	В целом успешное, но содержащее отдельные проблемы умение готовить предложения по тематике и плану реализации исследовательских проектов, а также оформлять проект согласно установленным требованиям	Сформированное умение готовить предложения по тематике и плану реализации исследовательских проектов; обосновывать предложения с точки зрения реалистичности сроков, трудозатрат и ресурсной обеспеченности; оформлять проект согласно установленным требованиям	Исследовательская практика, научные исследования	Отчеты по практике, научным исследованиям
УМЕТЬ:	Отсутствие	Умение пред-	В целом успеш-	Успешное умение	Сформированное	Исследователь-	Отчеты по прак-

представлять результаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому и бизнес-сообществу Код: У (ПК-2)-3	умений	ставлять результаты НИР узкому кругу специалистов	ное, умение представлять результаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому сообществу	представлять результаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому и бизнес-сообществу	умение представлять результаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому и бизнес-сообществу; определять целевые группы и форматы продвижения результатов собственной научной деятельности	ская практика, научные исследования	тике, научным исследованиям, научные доклады на конференциях научных семинарах и коллоквиумах, выставках по профилю подготовки
ВЛАДЕТЬ: методами планирования, подготовки, проведения НИР, анализа полученных данных, формулировки выводов и рекомендаций по направленности (научной специальности) 02.00.02 Аналитическая химия Код В (ПК-2)-1	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение методов планирования, подготовки и проведения НИР, анализа и обсуждения полученных данных	В целом успешное, но не систематическое применение методов планирования, подготовки, проведения НИР, анализа полученных данных	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение методов планирования, подготовки, проведения НИР, анализа полученных данных, формулировка выводов по результатам НИР	Успешное и систематическое применение методов планирования, подготовки и проведения НИР и анализа и обсуждения экспериментальных данных; формулировка выводов и рекомендаций по результатам НИР	Исследовательская практика, научные исследования	Отчеты по практике, научным исследованиям, научные доклады на конференциях, статьи
ВЛАДЕТЬ: навыками составления и подачи конкурсных заявок на выполнение научно-	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение навыков составления и подачи конкурсных заявок	В целом успешное, но не систематическое применение навыков составления и	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков составления и подачи	Успешное и систематическое применение навыков составления и подачи конкурсных зая-	Исследовательская практика, научные исследования	Отчеты по практике, научным исследованиям, тексты заявок

исследователь- ских и проектных работ по направ- ленности подго- товки 02.00.02 Аналитическая химия Код: В (ПК-2)-2		на выполнение научно- исследователь- ских и проект- ных работ по направленно- сти подготовки	подачи кон- курсных заявок на выполнение научно- исследователь- ских и проект- ных работ по направленно- сти подготовки	конкурсных зая- вок на выполне- ние научно- исследователь- ских и проектных работ по направ- ленности подго- товки	вок на выполне- ние научно- исследователь- ских и проект- ных работ по на- правленности подготовки		

ИТОГОВЫЙ КОНТРОЛЬ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИИ У ОБУЧАЮЩЕГОСЯ

Итоговый контроль сформированности компетенции –научный доклад об основных результатах подготовленной научно-квалификационной работы (диссертации)

Промежуточный контроль (отчеты о исследовательской практике и научным исследованиям) согласно учебному плану

КАРТА КОМПЕТЕНЦИИ ВЫПУСКНИКА ПРОГРАММЫ АСПИРАНТУРЫ МГУ

Код и название КОМПЕТЕНЦИИ:

ПК-3: способность к самостоятельному проведению научно-исследовательской работы и получению научных результатов, удовлетворяющих установленным требованиям к содержанию диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук по специальности 02.00.03 Органическая химия

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОМПЕТЕНЦИИ

Тип КОМПЕТЕНЦИИ:

Профессиональная компетенция выпускника программы аспирантуры по направлению подготовки 04.06.01 Химические науки.

ПОРОГОВЫЙ (ВХОДНОЙ) УРОВНЬ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ, ТРЕБУЕМЫЙ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ

Для того чтобы формирование данной компетенции было возможно, обучающийся, приступивший к освоению программы аспирантуры, должен:

- **ЗНАТЬ:** фундаментальные основы органической химии и основные тенденции ее развития.
- **УМЕТЬ:** составлять отчёты о научно-исследовательской работе, включающие обзор литературы, экспериментальную часть и обсуждение результатов
- **ВЛАДЕТЬ:** базовыми теоретическими представлениями и методами исследований в органической химии

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ (ПК-3) И КРИТЕРИИ ИХ ОЦЕНИВАНИЯ

Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения					Элемент (элементы) образовательной программы, формирующие результат обучения	Оценочные средства
	1	2	3	4	5		
ЗНАТЬ: современное состояние науки в области органической химии Код 3 (ПК-3)-1	Отсутствие знаний	Фрагментарные представления о современном состоянии науки в области органической химии	Неполные представления о современном состоянии науки в области органической химии	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы, представления о современном состоянии науки в области органической химии	Сформированные систематические представления о современном состоянии науки в области органической химии	Дисциплины научной специальности	Экзамены и (или) зачеты по дисциплинам (оценочные средства: устные вопросы, письменная работа, собеседование и т.п.)
ЗНАТЬ: нормативные документы для со-	Отсутствие знаний	Фрагментарные представления о нормативных до-	Неполные представления о нормативных доку-	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания	Сформированные систематические знания норматив-	Научные исследования	Отчеты о научных исследованиях

ставления заявок, грантов, проектов НИР Код 3 (ПК-3)-2		кументах для составления заявок, грантов, проектов НИР	ментах для составления заявок, грантов, проектов НИР	нормативных документов для составления заявок, грантов, проектов НИР	ных документов для составления заявок, грантов, проектов НИР		
ЗНАТЬ: требования к содержанию и правила оформления рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях по профилю органической химии Код 3 (ПК-3)-3	Отсутствие знаний	Фрагментарные представления о требованиях к содержанию и правилам оформления рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях по профилю органической химии	Общие представления о требованиях к содержанию и правилам оформления рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях по профилю органической химии	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы представления о требованиях к содержанию и правилам оформления рукописей, наличие однократного опыта публикаций в рецензируемых научных изданиях по профилю органической химии	Сформированные представления о требованиях к содержанию и правилам оформления рукописей, наличие неоднократного опыта публикаций в рецензируемых научных изданиях по профилю органической химии	Исследовательская практика, научные исследования	Отчеты о научных исследованиях, практике, публикации
УМЕТЬ: представлять научные результаты по теме диссертационной работы в виде публикаций в рецензируемых научных изданиях Код У(ПК-3)-1	Отсутствие умений	Фрагментарное использование методов подготовки научных результатов к публикации в рецензируемых научных изданиях	В целом успешное, но не систематическое использование методов подготовки научных результатов к публикации в рецензируемых научных изданиях	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы использование методов подготовки научных результатов к публикации в рецензируемых научных изданиях	Сформированное умение использовать методы подготовки научных результатов к публикации в рецензируемых научных изданиях	Исследовательская практика, научные исследования	Публикации
УМЕТЬ: готовить заявки на получение научных грантов и заключения контрактов по НИР в области органической химии	Отсутствие умений	Умение готовить отдельные материалы для заявки на получение научных грантов по поручению научного руководителя	В целом успешное, но не систематическое использование умения готовить заявки на получение научных грантов и заключения кон-	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение готовить предложения по тематике и плану реализации исследовательских проектов, а также	Сформированное умение готовить предложения по тематике и плану реализации исследовательских проектов; обосновывать предложе-	Исследовательская практика, научные исследования	Отчеты по практике, научным исследованиям

Код: У (ПК-3)-2			трактов по НИР	оформлять проект согласно установленным требованиям	ния с точки зрения реалистичности сроков, затрат и ресурсной обеспеченности; оформлять проект согласно установленным требованиям		
УМЕТЬ: представлять результаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому и бизнес-сообществу Код: У (ПК-3)-3	Отсутствие умений	Умение представлять результаты НИР узкому кругу специалистов	В целом успешное, умение представлять результаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому сообществу	Успешное умение представлять результаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому и бизнес-сообществу	Сформированное умение представлять результаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому и бизнес-сообществу; определять целевые группы и форматы продвижения результатов собственной научной деятельности	Исследовательская практика, научные исследования	Отчеты по практике, научным исследованиям, научные доклады на конференциях научных семинарах и коллоквиумах, выставках по профилю подготовки
ВЛАДЕТЬ: методами планирования, подготовки, проведения НИР, анализа полученных данных, формулировки выводов и рекомендаций по направленности (научной специальности) 02.00.03 Органи-	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение методов планирования, подготовки и проведения НИР, анализа и обсуждения полученных данных	В целом успешное, но не систематическое применение методов планирования, подготовки, проведения НИР, анализа полученных данных	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение методов планирования, подготовки, проведения НИР, анализа полученных данных, формулировка выводов по результатам НИР	Успешное и систематическое применение методов планирования, подготовки и проведения НИР и анализа и обсуждения экспериментальных данных; формулировка выводов и рекомендаций по результатам НИР	Исследовательская практика, научные исследования	Отчеты по практике, научным исследованиям, научные доклады на конференциях, статьи

ческая химия Код В (ПК-3)-1							
ВЛАДЕТЬ: навыками со- ставления и по- дачи конкурсных заявок на выпол- нение научно- исследователь- ских и проектных работ по направ- ленности подго- товки 02.00.03 Органическая химия Код: В (ПК-3)-2	Отсутст- вие навы- ков	Фрагментарное применение на- выков составле- ния и подачи кон- курсных заявок на выполнение науч- но- исследователь- ских и проектных работ по направ- ленности подго- товки	В целом успешное, но не системати- ческое примене- ние навыков со- ставления и пода- чи конкурсных заявок на выпол- нение научно- исследователь- ских и проектных работ по направ- ленности подго- товки	В целом успешное, но содержащее отдель- ные пробелы приме- нение навыков со- ставления и подачи конкурсных заявок на выполнение науч- но- исследовательских и проектных работ по направленности под- готовки	Успешное и сис- тематическое применение на- выков составле- ния и подачи кон- курсных заявок на выполнение науч- но- исследователь- ских и проектных работ по направ- ленности подго- товки	Исследова- тельская практика, на- учные иссле- дования	Отчеты по практике, на- учным иссле- дованиям, тексты заявок

ИТОГОВЫЙ КОНТРОЛЬ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИИ У ОБУЧАЮЩЕГОСЯ

Итоговый контроль сформированности компетенции – научный доклад об основных результатах подготовленной научно-квалификационной работы (диссертации)

Промежуточный контроль (экзамен по дисциплине вариативной части по профилю подготовки, отчеты о исследовательской практике и научным исследованиям) согласно учебному плану

КАРТА КОМПЕТЕНЦИИ ВЫПУСКНИКА ПРОГРАММЫ АСПИРАНТУРЫ МГУ

Код и название КОМПЕТЕНЦИИ:

ПК-4: способность к самостоятельному проведению научно-исследовательской работы и получению научных результатов, удовлетворяющих установленным требованиям к содержанию диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук по специальности 02.00.04 Физическая химия

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОМПЕТЕНЦИИ

Тип КОМПЕТЕНЦИИ:

Профессиональная компетенция выпускника программы аспирантуры по направлению подготовки 04.06.01 Химические науки.

ПОРОГОВЫЙ (ВХОДНОЙ) УРОВНЬ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ, ТРЕБУЕМЫЙ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ

Для того чтобы формирование данной компетенции было возможно, обучающийся, приступивший к освоению программы аспирантуры, должен:

- **ЗНАТЬ:** фундаментальные основы физической химии и основные тенденции ее развития.
- **УМЕТЬ:** составлять отчёты о научно-исследовательской работе, включающие обзор литературы, экспериментальную часть и обсуждение результатов
- **ВЛАДЕТЬ:** базовыми теоретическими представлениями и методами исследований в физической химии

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ (ПК-4) И КРИТЕРИИ ИХ ОЦЕНИВАНИЯ

Планируемые результаты обучения (показатели дос-	Критерии оценивания результатов обучения					Элемент (элементы) образовательной программы,	Оценочные средства
	1	2	3	4	5		

тижения заданного уровня освоения компетенций)						формирующие результаты обучения	
ЗНАТЬ: современное состояние науки в области физической химии Код 3 (ПК-4)-1	Отсутствие знаний	Фрагментарные представления о современном состоянии науки в области физической химии	Неполные представления о современном состоянии науки в области физической химии	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы, представления о современном состоянии науки в области физической химии	Сформированные систематические представления о современном состоянии науки в области физической химии	Дисциплины научной специальности	Экзамены и (или) зачеты по дисциплинам (оценочные средства: устные вопросы, письменная работа, собеседование и т.п.)
ЗНАТЬ: нормативные документы для составления заявок, грантов, проектов НИР Код 3 (ПК-4)-2	Отсутствие знаний	Фрагментарные представления о нормативных документах для составления заявок, грантов, проектов НИР	Неполные представления о нормативных документах для составления заявок, грантов, проектов НИР	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания нормативных документов для составления заявок, грантов, проектов НИР	Сформированные систематические знания нормативных документов для составления заявок, грантов, проектов НИР	Научные исследования	Отчеты о научных исследованиях
ЗНАТЬ: требования к содержанию и правилам оформления рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях по профилю физической химии Код 3 (ПК-4)-3	Отсутствие знаний	Фрагментарные представления о требованиях к содержанию и правилам оформления рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях по профилю физической химии	Общие представления о требованиях к содержанию и правилам оформления рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях по профилю физической химии	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы представления о требованиях к содержанию и правилам оформления рукописей, наличие однократного опыта публикаций в рецензируемых научных изданиях по профилю физической химии	Сформированные представления о требованиях к содержанию и правилам оформления рукописей, наличие неоднократного опыта публикаций в рецензируемых научных изданиях по профилю физической химии	Исследовательская практика, научные исследования	Отчеты о научных исследованиях, практике, публикации
УМЕТЬ: представлять на-	Отсутствие уме-	Фрагментарное использование	В целом успешное, но не системати-	В целом успешное, но содержащее отдель-	Сформированное умение использо-	Исследовательская	Публикации

учные результаты по теме диссертационной работы в виде публикаций в рецензируемых научных изданиях Код У(ПК-4)-1	ний	методов подготовки научных результатов к публикации в рецензируемых научных изданиях	ческое использование методов подготовки научных результатов к публикации в рецензируемых научных изданиях	ные пробелы использование методов подготовки научных результатов к публикации в рецензируемых научных изданиях	вать методов подготовки научных результатов к публикации в рецензируемых научных изданиях	практика, научные исследования	
УМЕТЬ: готовить заявки на получение научных грантов и заключения контрактов по НИР в области физической химии Код: У (ПК-4)-2	Отсутствие умений	Умение готовить отдельные материалы для заявки на получение научных грантов по поручению научного руководителя	В целом успешное, но не систематическое использование умения готовить заявки на получение научных грантов и заключения контрактов по НИР	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение готовить предложения по тематике и плану реализации исследовательских проектов, а также оформлять проект согласно установленным требованиям	Сформированное умение готовить предложения по тематике и плану реализации исследовательских проектов; обосновывать предложения с точки зрения реалистичности сроков, трудозатрат и ресурсной обеспеченности; оформлять проект согласно установленным требованиям	Исследовательская практика, научные исследования	Отчеты по практике, научным исследованиям
УМЕТЬ: представлять результаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому и бизнес-сообществу Код: У (ПК-4)-3	Отсутствие умений	Умение представлять результаты НИР узкому кругу специалистов	В целом успешное, умение представлять результаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому сообществу	Успешное умение представлять результаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому и бизнес-сообществу	Сформированное умение представлять результаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому и бизнес-сообществу; определять целевые группы и форматы	Исследовательская практика, научные исследования	Отчеты по практике, научным исследованиям, научные доклады на конференциях научных семинарах и коллоквиумах, вы-

					продвижения результатов собственной научной деятельности		ставках по профилю подготовки
ВЛАДЕТЬ: методами планирования, подготовки, проведения НИР, анализа полученных данных, формулировки выводов и рекомендаций по направленности (научной специальности) 02.00.04 Физическая химия Код В (ПК-4)-1	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение методов планирования, подготовки и проведения НИР, анализа и обсуждения полученных данных	В целом успешное, но не систематическое применение методов планирования, подготовки, проведения НИР, анализа полученных данных	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение методов планирования, подготовки, проведения НИР, анализа полученных данных, формулировка выводов по результатам НИР	Успешное и систематическое применение методов планирования, подготовки и проведения НИР и анализа и обсуждения экспериментальных данных; формулировка выводов и рекомендаций по результатам НИР	Исследовательская практика, научные исследования	Отчеты по практике, научным исследованиям, научные доклады на конференциях, статьи
ВЛАДЕТЬ: навыками составления и подачи конкурсных заявок на выполнение научно-исследовательских и проектных работ по направленности подготовки 02.00.04 Физическая химия Код: В (ПК-4)-2	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение навыков составления и подачи конкурсных заявок на выполнение научно-исследовательских и проектных работ по направленности подготовки	В целом успешное, но не систематическое применение навыков составления и подачи конкурсных заявок на выполнение научно-исследовательских и проектных работ по направленности подготовки	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков составления и подачи конкурсных заявок на выполнение научно-исследовательских и проектных работ по направленности подготовки	Успешное и систематическое применение навыков составления и подачи конкурсных заявок на выполнение научно-исследовательских и проектных работ по направленности подготовки	Исследовательская практика, научные исследования	Отчеты по практике, научным исследованиям, тексты заявок

ИТОГОВЫЙ КОНТРОЛЬ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИИ У ОБУЧАЮЩЕГОСЯ

Итоговый контроль сформированности компетенции – научный доклад об основных результатах подготовленной научно-квалификационной работы (диссертации)

Промежуточный контроль (отчеты о исследовательской практике и научным исследованиям) согласно учебному плану

КАРТА КОМПЕТЕНЦИИ ВЫПУСКНИКА ПРОГРАММЫ АСПИРАНТУРЫ МГУ

Код и название КОМПЕТЕНЦИИ:

ПК-5: способность к самостоятельному проведению научно-исследовательской работы и получению научных результатов, удовлетворяющих установленным требованиям к содержанию диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук по специальности 02.00.05 Электрохимия

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОМПЕТЕНЦИИ

Тип КОМПЕТЕНЦИИ:

Профессиональная компетенция выпускника программы аспирантуры по направлению подготовки 04.06.01 Химические науки.

ПОРОГОВЫЙ (ВХОДНОЙ) УРОВНЬ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ, ТРЕБУЕМЫЙ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ

Для того чтобы формирование данной компетенции было возможно, обучающийся, приступивший к освоению программы аспирантуры, должен:

- **ЗНАТЬ:** фундаментальные основы физической химии и электрохимии (как составной ее части) и основные тенденции развития электрохимии.

- УМЕТЬ: составлять отчёты о научно-исследовательской работе, включающие обзор литературы, экспериментальную часть и обсуждение результатов
- ВЛАДЕТЬ: базовыми теоретическими представлениями и методами исследований в электрохимии

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ (ПК-5) И КРИТЕРИИ ИХ ОЦЕНИВАНИЯ

Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения					Элемент (элементы) образовательной программы, формирующие результат обучения	Оценочные средства
	1	2	3	4	5		
ЗНАТЬ: современное состояние науки в области электрохимии Код 3 (ПК-5)-1	Отсутствие знаний	Фрагментарные представления о современном состоянии науки в области электрохимии	Неполные представления о современном состоянии науки в области электрохимии	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы, представления о современном состоянии науки в области электрохимии	Сформированные систематические представления о современном состоянии науки в области электрохимии	Дисциплины научной специальности	Экзамены и (или) зачеты по дисциплинам (оценочные средства: устные вопросы, письменная работа, собеседование и т.п.)
ЗНАТЬ: нормативные документы для составления заявок, грантов, проектов НИР Код 3 (ПК-5)-2	Отсутствие знаний	Фрагментарные представления о нормативных документах для составления заявок, грантов, проектов НИР	Неполные представления о нормативных документах для составления заявок, грантов, проектов НИР	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания нормативных документов для составления заявок, грантов, проектов НИР	Сформированные систематические знания нормативных документов для составления заявок, грантов, проектов НИР	Научные исследования	Отчеты о научных исследованиях
ЗНАТЬ: требования к со-	Отсутствие зна-	Фрагментарные представления о	Общие представ-	Сформированные, но	Сформированные	Исследова-	Отчеты о на-

держанию и правила оформления рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях по профилю электрохимии Код 3 (ПК-5)-3	ний	требованиях к содержанию и правилам оформления рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях по электрохимии	ниях к содержанию и правилам оформления рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях по электрохимии	ные пробелы представления о требованиях к содержанию и правилам оформления рукописей, наличие однократного опыта публикаций в рецензируемых научных изданиях по электрохимии	требованиях к содержанию и правилам оформления рукописей, наличие неоднократного опыта публикаций в рецензируемых научных изданиях по электрохимии	практика, научные исследования	дованиях, практике, публикации
УМЕТЬ: представлять научные результаты по теме диссертационной работы в виде публикаций в рецензируемых научных изданиях Код У(ПК-5)-1	Отсутствие умений	Фрагментарное использование методов подготовки научных результатов к публикации в рецензируемых научных изданиях	В целом успешное, но не систематическое использование методов подготовки научных результатов к публикации в рецензируемых научных изданиях	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы использование методов подготовки научных результатов к публикации в рецензируемых научных изданиях	Сформированное умение использовать методы подготовки научных результатов к публикации в рецензируемых научных изданиях	Исследовательская практика, научные исследования	Публикации
УМЕТЬ: готовить заявки на получение научных грантов и заключения контрактов по НИР в области электрохимии Код: У (ПК-5)-2	Отсутствие умений	Умение готовить отдельные материалы для заявки на получение научных грантов по поручению научного руководителя	В целом успешное, но не систематическое использование умения готовить заявки на получение научных грантов и заключения контрактов по НИР	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение готовить предложения по тематике и плану реализации исследовательских проектов, а также оформлять проект согласно установленным требованиям	Сформированное умение готовить предложения по тематике и плану реализации исследовательских проектов; обосновывать предложения с точки зрения реалистичности сроков, затрат и ресурсной обеспеченности; оформлять проект согласно	Исследовательская практика, научные исследования	Отчеты по практике, научным исследованиям

					установленным требованиям		
УМЕТЬ: представлять результаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому и бизнес-сообществу Код: У (ПК-5)-3	Отсутствие умений	Умение представлять результаты НИР узкому кругу специалистов	В целом успешное, умение представлять результаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому сообществу	Успешное умение представлять результаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому и бизнес-сообществу	Сформированное умение представлять результаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому и бизнес-сообществу; определять целевые группы и форматы продвижения результатов собственной научной деятельности	Исследовательская практика, научные исследования	Отчеты по практике, научным исследованиям, научные доклады на конференциях научных семинарах и коллоквиумах, выставках по профилю подготовки
ВЛАДЕТЬ: методами планирования, подготовки, проведения НИР, анализа полученных данных, формулировки выводов и рекомендаций по направленности (научной специальности) 02.00.05 Электрохимия Код В (ПК-5)-1	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение методов планирования, подготовки и проведения НИР, анализа и обсуждения полученных данных	В целом успешное, но не систематическое применение методов планирования, подготовки, проведения НИР, анализа полученных данных	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение методов планирования, подготовки, проведения НИР, анализа полученных данных, формулировка выводов по результатам НИР	Успешное и систематическое применение методов планирования, подготовки и проведения НИР и анализа и обсуждения экспериментальных данных; формулировка выводов и рекомендаций по результатам НИР	Исследовательская практика, научные исследования	Отчеты по практике, научным исследованиям, научные доклады на конференциях, статьи
ВЛАДЕТЬ: навыками составления и подачи конкурсных заявок на выпол-	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение навыков составления и подачи конкурсных заявок на	В целом успешное, но не систематическое применение навыков составления и пода-	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков составления и подачи	Успешное и систематическое применение навыков составления и подачи кон-	Исследовательская практика, научные исследования	Отчеты по практике, научным исследованиям, тексты заявок

нение научно-исследовательских и проектных работ по направленности подготовки 02.00.05 Электрохимия Код: В (ПК-5)-2		выполнение научно-исследовательских и проектных работ по направленности подготовки	чи конкурсных заявок на выполнение научно-исследовательских и проектных работ по направленности подготовки	конкурсных заявок на выполнение научно-исследовательских и проектных работ по направленности подготовки	курсных заявок на выполнение научно-исследовательских и проектных работ по направленности подготовки		

ИТОГОВЫЙ КОНТРОЛЬ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИИ У ОБУЧАЮЩЕГОСЯ

Итоговый контроль сформированности компетенции –научный доклад об основных результатах подготовленной научно-квалификационной работы (диссертации)

Промежуточный контроль (отчеты о исследовательской практике и научным исследованиям) согласно учебному плану

КАРТА КОМПЕТЕНЦИИ ВЫПУСКНИКА ПРОГРАММЫ АСПИРАНТУРЫ МГУ

Код и название КОМПЕТЕНЦИИ:

ПК-6: Способность к самостоятельному проведению научно-исследовательской работы и получению научных результатов, удовлетворяющих установленным требованиям к содержанию диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук по направленности (научной специальности) 02.00.06 Высокомолекулярные соединения

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОМПЕТЕНЦИИ

Профессиональная компетенция выпускника программы аспирантуры по направлению подготовки 04.06.01 Химические науки

ПОРОГОВЫЙ (ВХОДНОЙ) УРОВЕНЬ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ, ТРЕБУЕМЫЙ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ

Для того чтобы формирование данной компетенции было возможно, обучающийся, приступивший к освоению программы аспирантуры, должен:

- ЗНАТЬ: фундаментальные основы науки о высокомолекулярных соединениях и специальных дисциплин.
- УМЕТЬ: составлять отчёты о научно-исследовательской работе, включающие обзор литературы, экспериментальную часть и обсуждение результатов
- ВЛАДЕТЬ: синтетическими и физико-химическими методами исследований в выбранной области химии

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ (ПК-6) И КРИТЕРИИ ИХ ОЦЕНИВАНИЯ

Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения					Элемент (элементы) образовательной программы, формирующие результат обучения	Оценочные средства
	1	2	3	4	5		
ЗНАТЬ: современное состояние науки в области химии, физики и механики ВМС Код 3 (ПК-6)-1	Отсутствие знаний	Фрагментарные представления о современном состоянии науки в области химии, физики и механики ВМС	Неполные представления о современном состоянии науки в области химии, физики и механики ВМС	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы, представления о современном состоянии науки в области химии, физики и механики ВМС	Сформированные систематические представления о современном состоянии науки в области химии, физики и механики ВМС	Дисциплины научной специальности	Экзамены и (или) зачеты по дисциплинам (оценочные средства: устные вопросы, письменная работа, собеседование)

							и т.п.)
ЗНАТЬ: нормативные документы для составления заявок, грантов, проектов НИР Код 3 (ПК-6)-2	Отсутствие знаний	Фрагментарные представления о нормативных документах для составления заявок, грантов, проектов НИР	Неполные представления о нормативных документах для составления заявок, грантов, проектов НИР	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания нормативных документов для составления заявок, грантов, проектов НИР	Сформированные систематические знания нормативных документов для составления заявок, грантов, проектов НИР	Научные исследования	Отчеты о научных исследованиях
ЗНАТЬ: требования к содержанию и правила оформления рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях Код 3 (ПК-6)-3	Отсутствие знаний	Фрагментарные представления о требованиях к содержанию и правилам оформления рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях	Общие представления о требованиях к содержанию и правилам оформления рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы представления о требованиях к содержанию и правилам оформления рукописей, наличие однократного опыта публикаций в рецензируемых научных изданиях	Сформированные представления о требованиях к содержанию и правилам оформления рукописей, наличие неоднократного опыта публикаций в рецензируемых научных изданиях	Исследовательская практика, научные исследования	Отчеты о научных исследованиях, практике, публикации
УМЕТЬ: представлять научные результаты по теме диссертационной работы в виде публикаций в рецензируемых научных изданиях Код У(ПК-6)-1	Отсутствие умений	Фрагментарное использование методов подготовки научных результатов к публикации в рецензируемых научных изданиях	В целом успешное, но не систематическое использование методов подготовки научных результатов к публикации в рецензируемых научных изданиях	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы использование методов подготовки научных результатов к публикации в рецензируемых научных изданиях	Сформированное умение использовать методы подготовки научных результатов к публикации в рецензируемых научных изданиях	Исследовательская практика, научные исследования	Публикации
УМЕТЬ: готовить заявки на получение научных грантов и заключения контрактов по НИР в	Отсутствие умений	Умение готовить отдельные материалы для заявки на получение научных грантов по поручению науч-	В целом успешное, но не систематическое использование умения готовить заявки на получение науч-	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение готовить предложения по тематике и плану реализации	Сформированное умение готовить предложения по тематике и плану реализации исследовательских	Исследовательская практика, научные исследования	Отчеты по практике, научным исследованиям

области химии ВМС Код: У (ПК-6)-2		ного руководите- ля	ных грантов и за- ключения кон- трактов по НИР	исследовательских проектов, а также оформлять проект согласно установ- ленным требованиям	проектов; обосно- вывать предложе- ния с точки зре- ния реалистично- сти сроков, трудо- затрат и ресурс- ной обеспеченно- сти; оформлять проект согласно установленным требованиям		
УМЕТЬ: представлять ре- зультаты НИР (в т.ч., диссертаци- онной работы) академическому и бизнес- сообществу Код: У (ПК-6)-3	Отсутст- вие уме- ний	Умение представ- лять результаты НИР узкому кругу специалистов	В целом успешное, умение представ- лять результаты НИР (в т.ч., дис- сертационной ра- боты) академиче- скому сообществу	Успешное умение представлять ре- зультаты НИР (в т.ч., диссертационной ра- боты) академическо- му и бизнес- сообществу	Сформированное умение представ- лять результаты НИР (в т.ч., дис- сертационной ра- боты) академиче- скому и бизнес- сообществу; опре- делять целевые группы и форматы продвижения ре- зультатов собст- венной научной деятельности	Исследова- тельская практика, на- учные иссле- дования	Отчеты по практике, на- учным иссле- дованиям, на- учные докла- ды на конфе- ренциях науч- ных семина- рах и коллок- виумах, вы- ставках по профилю под- готовки
ВЛАДЕТЬ: методами плани- рования, подго- товки, проведе- ния НИР, анализа полученных дан- ных, формули- ровки выводов и рекомендаций по направленности (научной специ-	Отсутст- вие навы- ков	Фрагментарное применение мето- дов планирования, подготовки и про- ведения НИР, ана- лиза и обсуждения полученных дан- ных	В целом успешное, но не системати- ческое примене- ние методов пла- нирования, подго- товки, проведения НИР, анализа по- лученных данных	В целом успешное, но содержащее отдель- ные пробелы приме- нение методов пла- нирования, подго- товки, проведения НИР, анализа полу- ченных данных, фор- мулировка выводов по результатам НИР	Успешное и сис- тематическое применение мето- дов планирования, подготовки и про- ведения НИР и анализа и обсуж- дения экспери- ментальных дан- ных; формулиров- ка выводов и ре-	Исследова- тельская практика, на- учные иссле- дования	Отчеты по практике, на- учным иссле- дованиям, на- учные докла- ды на конфе- ренциях, ста- тьи

альности) 02.00.06 Высокомолекулярные соединения Код В (ПК-6)-1					комендаций по результатам НИР		
ВЛАДЕТЬ: навыками составления и подачи конкурсных заявок на выполнение научно-исследовательских и проектных работ по направленности подготовки 02.00.06 Высокомолекулярные соединения Код: В (ПК-6) -2	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение навыков составления и подачи конкурсных заявок на выполнение научно-исследовательских и проектных работ по направленности подготовки	В целом успешное, но не систематическое применение навыков составления и подачи конкурсных заявок на выполнение научно-исследовательских и проектных работ по направленности подготовки	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков составления и подачи конкурсных заявок на выполнение научно-исследовательских и проектных работ по направленности подготовки	Успешное и систематическое применение навыков составления и подачи конкурсных заявок на выполнение научно-исследовательских и проектных работ по направленности подготовки	Исследовательская практика, научные исследования	Отчеты по практике, научным исследованиям, тексты заявок

ИТОГОВЫЙ КОНТРОЛЬ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИИ У ОБУЧАЮЩЕГОСЯ

Итоговый контроль сформированности компетенции –научный доклад об основных результатах подготовленной научно-квалификационной работы (диссертации)

Промежуточный контроль (отчеты о исследовательской практике и научным исследованиям) согласно учебному плану

КАРТА КОМПЕТЕНЦИИ ВЫПУСКНИКА ПРОГРАММЫ АСПИРАНТУРЫ МГУ

Код и название КОМПЕТЕНЦИИ:

ПК-7: способность к самостоятельному проведению научно-исследовательской работы и получению научных результатов, удовлетворяющих установленным требованиям к содержанию диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук по специальности 02.00.08 Химия элементоорганических соединений

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОМПЕТЕНЦИИ

Тип КОМПЕТЕНЦИИ:

Профессиональная компетенция выпускника программы аспирантуры по направлению подготовки 04.06.01 Химические науки.

ПОРОГОВЫЙ (ВХОДНОЙ) УРОВНЬ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ, ТРЕБУЕМЫЙ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ

Для того чтобы формирование данной компетенции было возможно, обучающийся, приступивший к освоению программы аспирантуры, должен:

- **ЗНАТЬ:** фундаментальные основы органической и элементоорганической химии и основные тенденции их развития.
- **УМЕТЬ:** составлять отчёты о научно-исследовательской работе, включающие обзор литературы, экспериментальную часть и обсуждение результатов
- **ВЛАДЕТЬ:** базовыми теоретическими представлениями и методами исследований в элементоорганической химии

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ (ПК-7) И КРИТЕРИИ ИХ ОЦЕНИВАНИЯ

Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения					Элемент (элементы) образовательной программы, формирующие результат обучения	Оценочные средства
	1	2	3	4	5		
ЗНАТЬ: современное состояние науки в области элементоорганической химии Код 3 (ПК-7)-1	Отсутствие знаний	Фрагментарные представления о современном состоянии науки в области элементоорганической химии	Неполные представления о современном состоянии науки в области элементоорганической химии	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы, представления о современном состоянии науки в области элементоорганической химии	Сформированные систематические представления о современном состоянии науки в области элементоорганической химии	Дисциплины научной специальности	Экзамены и (или) зачеты по дисциплинам (оценочные средства: устные вопросы, письменная работа, собеседование и т.п.)
ЗНАТЬ: нормативные документы для составления заявок, грантов, проектов НИР Код 3 (ПК-7)-2	Отсутствие знаний	Фрагментарные представления о нормативных документах для составления заявок, грантов, проектов НИР	Неполные представления о нормативных документах для составления заявок, грантов, проектов НИР	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания нормативных документов для составления заявок, грантов, проектов НИР	Сформированные систематические знания нормативных документов для составления заявок, грантов, проектов НИР	Научные исследования	Отчеты о научных исследованиях
ЗНАТЬ: требования к содержанию и правилам оформления рукописей к публикации в рецензируемых науч-	Отсутствие знаний	Фрагментарные представления о требованиях к содержанию и правилам оформления рукописей к публикации в ре-	Общие представления о требованиях к содержанию и правилам оформления рукописей к публикации в рецензируе-	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы представления о требованиях к содержанию и правилам оформления рукописей, нали-	Сформированные представления о требованиях к содержанию и правилам оформления рукописей, наличие неодно-	Исследовательская практика, научные исследования	Отчеты о научных исследованиях, практике, публикации

ных изданиях по профилю элементоорганической химии Код 3 (ПК-7)-3		цензурируемых научных изданиях по элементоорганической химии	мых научных изданиях по элементоорганической химии	чие однократного опыта публикаций в рецензируемых научных изданиях по элементоорганической химии	кратного опыта публикаций в рецензируемых научных изданиях по элементоорганической химии		
УМЕТЬ: представлять научные результаты по теме диссертационной работы в виде публикаций в рецензируемых научных изданиях Код У(ПК-7)-1	Отсутствие умений	Фрагментарное использование методов подготовки научных результатов к публикации в рецензируемых научных изданиях	В целом успешное, но не систематическое использование методов подготовки научных результатов к публикации в рецензируемых научных изданиях	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы использование методов подготовки научных результатов к публикации в рецензируемых научных изданиях	Сформированное умение использовать методов подготовки научных результатов к публикации в рецензируемых научных изданиях	Исследовательская практика, научные исследования	Публикации
УМЕТЬ: готовить заявки на получение научных грантов и заключения контрактов по НИР в области элементоорганической химии Код: У (ПК-7)-2	Отсутствие умений	Умение готовить отдельные материалы для заявки на получение научных грантов по поручению научного руководителя	В целом успешное, но не систематическое использование умения готовить заявки на получение научных грантов и заключения контрактов по НИР	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение готовить предложения по тематике и плану реализации исследовательских проектов, а также оформлять проект согласно установленным требованиям	Сформированное умение готовить предложения по тематике и плану реализации исследовательских проектов; обосновывать предложения с точки зрения реалистичности сроков, затрат и ресурсной обеспеченности; оформлять проект согласно установленным требованиям	Исследовательская практика, научные исследования	Отчеты по практике, научным исследованиям
УМЕТЬ: представлять ре-	Отсутствие умений	Умение представлять результаты	В целом успешное, умение представ-	Успешное умение представлять ре-	Сформированное умение представ-	Исследовательская	Отчеты по практике, на-

зультаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому и бизнес-сообществу Код: У (ПК-7)-3	ний	НИР узкому кругу специалистов	лять результаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому сообществу	зультаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому и бизнес-сообществу	лять результаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому и бизнес-сообществу; определять целевые группы и форматы продвижения результатов собственной научной деятельности	практика, научные исследования	учным исследованиям, научные доклады на конференциях научных семинарах и коллоквиумах, выставках по профилю подготовки
ВЛАДЕТЬ: методами планирования, подготовки, проведения НИР, анализа полученных данных, формулировки выводов и рекомендаций по направленности (научной специальности) 02.00.08 Химия элементоорганических соединений Код В (ПК-7)-1	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение методов планирования, подготовки и проведения НИР, анализа и обсуждения полученных данных	В целом успешное, но не систематическое применение методов планирования, подготовки, проведения НИР, анализа полученных данных	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение методов планирования, подготовки, проведения НИР, анализа полученных данных, формулировка выводов по результатам НИР	Успешное и систематическое применение методов планирования, подготовки и проведения НИР и анализа и обсуждения экспериментальных данных; формулировка выводов и рекомендаций по результатам НИР	Исследовательская практика, научные исследования	Отчеты по практике, научным исследованиям, научные доклады на конференциях, статьи
ВЛАДЕТЬ: навыками составления и подачи конкурсных заявок на выполнение научно-исследователь-	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение навыков составления и подачи конкурсных заявок на выполнение научно-	В целом успешное, но не систематическое применение навыков составления и подачи конкурсных заявок на выпол-	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков составления и подачи конкурсных заявок на выполнение науч-	Успешное и систематическое применение навыков составления и подачи конкурсных заявок на выполнение науч-	Исследовательская практика, научные исследования	Отчеты по практике, научным исследованиям, тексты заявок

ских и проектных работ по направленности подготовки 02.00.08 Химия элементо-органических соединений Код: В (ПК-7)-2		исследователь-ских и проектных работ по направленности подготовки	нение научно-исследователь-ских и проектных работ по направленности подготовки	но-исследовательских и проектных работ по направленности подготовки	но-исследователь-ских и проектных работ по направленности подготовки		

ИТОГОВЫЙ КОНТРОЛЬ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИИ У ОБУЧАЮЩЕГОСЯ

Итоговый контроль сформированности компетенции –научный доклад об основных результатах подготовленной научно-квалификационной работы (диссертации)

Промежуточный контроль (отчеты о исследовательской практике и научным исследованиям) согласно учебному плану

КАРТА КОМПЕТЕНЦИИ ВЫПУСКНИКА ПРОГРАММЫ АСПИРАНТУРЫ МГУ

Код и название КОМПЕТЕНЦИИ:

ПК-8: способность к самостоятельному проведению научно-исследовательской работы и получению научных результатов, удовлетворяющих установленным требованиям к содержанию диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук по специальности 02.00.09 Химия высоких энергий

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОМПЕТЕНЦИИ

Тип КОМПЕТЕНЦИИ:

Профессиональная компетенция выпускника программы аспирантуры по направлению подготовки 04.06.01 Химические науки.

ПОРОГОВЫЙ (ВХОДНОЙ) УРОВНЬ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ, ТРЕБУЕМЫЙ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ

Для того чтобы формирование данной компетенции было возможно, обучающийся, приступивший к освоению программы аспирантуры, должен:

- **ЗНАТЬ:** фундаментальные основы химии высоких энергий и основные тенденции ее развития.
- **УМЕТЬ:** составлять отчёты о научно-исследовательской работе, включающие обзор литературы, экспериментальную часть и обсуждение результатов
- **ВЛАДЕТЬ:** базовыми теоретическими представлениями и методами исследований в химии высоких энергий

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ (ПК-8) И КРИТЕРИИ ИХ ОЦЕНИВАНИЯ

Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения					Элемент (элементы) образовательной программы, формирующие результат обучения	Оценочные средства
	1	2	3	4	5		
ЗНАТЬ: современное состояние науки в области химии высоких энергий	Отсутствие знаний	Фрагментарные представления о современном состоянии науки в области химии высоких энергий	Неполные представления о современном состоянии науки в области химии высоких энергий	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы, представления о современном состоянии науки в области химии	Сформированные систематические представления о современном состоянии науки в области химии	Дисциплины научной специальности	Экзамены и (или) зачеты по дисциплинам (оценочные средства: устные вопро-

Код 3 (ПК-8)-1				мии высоких энергий	высоких энергий		сы, письменная работа, собеседование и т.п.)
ЗНАТЬ: нормативные документы для составления заявок, грантов, проектов НИР Код 3 (ПК-8)-2	Отсутствие знаний	Фрагментарные представления о нормативных документах для составления заявок, грантов, проектов НИР	Неполные представления о нормативных документах для составления заявок, грантов, проектов НИР	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания нормативных документов для составления заявок, грантов, проектов НИР	Сформированные систематические знания нормативных документов для составления заявок, грантов, проектов НИР	Научные исследования	Отчеты о научных исследованиях
ЗНАТЬ: требования к содержанию и правила оформления рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях по химии высоких энергий Код 3 (ПК-8)-3	Отсутствие знаний	Фрагментарные представления о требованиях к содержанию и правилам оформления рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях по химии высоких энергий	Общие представления о требованиях к содержанию и правилам оформления рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях по химии высоких энергий	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы представления о требованиях к содержанию и правилам оформления рукописей, наличие однократного опыта публикаций в рецензируемых научных изданиях по химии высоких энергий	Сформированные представления о требованиях к содержанию и правилам оформления рукописей, наличие неоднократного опыта публикаций в рецензируемых научных изданиях по химии высоких энергий	Исследовательская практика, научные исследования	Отчеты о научных исследованиях, практике, публикации
УМЕТЬ: представлять научные результаты по теме диссертационной работы в виде публикаций в рецензируемых научных изданиях Код У(ПК-8)-1	Отсутствие умений	Фрагментарное использование методов подготовки научных результатов к публикации в рецензируемых научных изданиях	В целом успешное, но не систематическое использование методов подготовки научных результатов к публикации в рецензируемых научных изданиях	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы использование методов подготовки научных результатов к публикации в рецензируемых научных изданиях	Сформированное умение использовать методов подготовки научных результатов к публикации в рецензируемых научных изданиях	Исследовательская практика, научные исследования	Публикации
УМЕТЬ:	Отсутствие	Умение готовить	В целом успешное,	В целом успешное, но	Сформированное	Исследова-	Отчеты по

готовить заявки на получение научных грантов и заключения контрактов по НИР в области химии высоких энергий Код: У (ПК-8)-2	вие умен ний	отдельные материалы для заявки на получение научных грантов по поручению научного руководителя	но не систематическое использование умения готовить заявки на получение научных грантов и заключения контрактов по НИР	содержащее отдельные пробелы умение готовить предложения по тематике и плану реализации исследовательских проектов, а также оформлять проект согласно установленным требованиям	умение готовить предложения по тематике и плану реализации исследовательских проектов; обосновывать предложения с точки зрения реалистичности сроков, затрат и ресурсной обеспеченности; оформлять проект согласно установленным требованиям	тельная практика, научные исследования	практике, научным исследованиям
УМЕТЬ: представлять результаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому и бизнес-сообществу Код: У (ПК-8)-3	Отсутст вие умен ний	Умение представлять результаты НИР узкому кругу специалистов	В целом успешное, умение представлять результаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому сообществу	Успешное умение представлять результаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому и бизнес-сообществу	Сформированное умение представлять результаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому и бизнес-сообществу; определять целевые группы и форматы продвижения результатов собственной научной деятельности	Исследовательская практика, научные исследования	Отчеты по практике, научным исследованиям, научные доклады на конференциях научных семинарах и коллоквиумах, выставках по профилю подготовки
ВЛАДЕТЬ: методами планирования, подготовки, проведения НИР, анализа полученных дан-	Отсутст вие навы ков	Фрагментарное применение методов планирования, подготовки и проведения НИР, анализа и обсуждения	В целом успешное, но не систематическое применение методов планирования, подготовки, проведения	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение методов планирования, подготовки, проведения	Успешное и систематическое применение методов планирования, подготовки и проведения НИР и	Исследовательская практика, научные исследования	Отчеты по практике, научным исследованиям, научные доклады на конфе-

ных, формулировки выводов и рекомендаций по направленности (научной специальности) 02.00.09 Химия высоких энергий Код В (ПК-8)-1		полученных данных	НИР, анализа полученных данных	НИР, анализа полученных данных, формулировка выводов по результатам НИР	анализа и обсуждения экспериментальных данных; формулировка выводов и рекомендаций по результатам НИР		ренциях, статьи
ВЛАДЕТЬ: навыками составления и подачи конкурсных заявок на выполнение научно-исследовательских и проектных работ по направленности подготовки 02.00.09 Химия высоких энергий Код: В (ПК-8)-2	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение навыков составления и подачи конкурсных заявок на выполнение научно-исследовательских и проектных работ по направленности подготовки	В целом успешное, но не систематическое применение навыков составления и подачи конкурсных заявок на выполнение научно-исследовательских и проектных работ по направленности подготовки	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков составления и подачи конкурсных заявок на выполнение научно-исследовательских и проектных работ по направленности подготовки	Успешное и систематическое применение навыков составления и подачи конкурсных заявок на выполнение научно-исследовательских и проектных работ по направленности подготовки	Исследовательская практика, научные исследования	Отчеты по практике, научным исследованиям, тексты заявок

ИТОГОВЫЙ КОНТРОЛЬ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИИ У ОБУЧАЮЩЕГОСЯ

Итоговый контроль сформированности компетенции –научный доклад об основных результатах подготовленной научно-квалификационной работы (диссертации)

Промежуточный контроль (отчеты о исследовательской практике и научным исследованиям) согласно учебному плану

КАРТА КОМПЕТЕНЦИИ ВЫПУСКНИКА ПРОГРАММЫ АСПИРАНТУРЫ МГУ

Код и название КОМПЕТЕНЦИИ:

ПК-9: способность к самостоятельному проведению научно-исследовательской работы и получению научных результатов, удовлетворяющих установленным требованиям к содержанию диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук по специальности 02.00.10 Биоорганическая химия

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОМПЕТЕНЦИИ

Тип КОМПЕТЕНЦИИ:

Профессиональная компетенция выпускника программы аспирантуры по направлению подготовки 04.06.01 Химические науки.

ПОРОГОВЫЙ (ВХОДНОЙ) УРОВНЬ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ, ТРЕБУЕМЫЙ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ

Для того чтобы формирование данной компетенции было возможно, обучающийся, приступивший к освоению программы аспирантуры, должен:

- **ЗНАТЬ:** фундаментальные основы органической и биоорганической химии, а также основные тенденции их развития.
- **УМЕТЬ:** составлять отчёты о научно-исследовательской работе, включающие обзор литературы, экспериментальную часть и обсуждение результатов
- **ВЛАДЕТЬ:** базовыми теоретическими представлениями и методами исследований в биоорганической химии.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ (ПК-9) И КРИТЕРИИ ИХ ОЦЕНИВАНИЯ

Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения					Элемент (элементы) образовательной программы, формирующие результат обучения	Оценочные средства
	1	2	3	4	5		
ЗНАТЬ: современное состояние науки в области биоорганической химии Код 3 (ПК-9)-1	Отсутствие знаний	Фрагментарные представления о современном состоянии науки в области биоорганической химии	Неполные представления о современном состоянии науки в области биоорганической химии	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы, представления о современном состоянии науки в области биоорганической химии	Сформированные систематические представления о современном состоянии науки в области биоорганической химии	Дисциплины научной специальности	Экзамены и (или) зачеты по дисциплинам (оценочные средства: устные вопросы, письменная работа, собеседование и т.п.)
ЗНАТЬ: нормативные документы для составления заявок, грантов, проектов НИР Код 3 (ПК-9)-2	Отсутствие знаний	Фрагментарные представления о нормативных документах для составления заявок, грантов, проектов НИР	Неполные представления о нормативных документах для составления заявок, грантов, проектов НИР	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания нормативных документов для составления заявок, грантов, проектов НИР	Сформированные систематические знания нормативных документов для составления заявок, грантов, проектов НИР	Научные исследования	Отчеты о научных исследованиях
ЗНАТЬ: требования к содержанию и правилам оформления рукописей к публикации в рецензируемых науч-	Отсутствие знаний	Фрагментарные представления о требованиях к содержанию и правилам оформления рукописей к публикации в ре-	Общие представления о требованиях к содержанию и правилам оформления рукописей к публикации в рецензируе-	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы представления о требованиях к содержанию и правилам оформления рукописей, нали-	Сформированные представления о требованиях к содержанию и правилам оформления рукописей, наличие неодно-	Исследовательская практика, научные исследования	Отчеты о научных исследованиях, практике, публикации

ных изданиях по биоорганической химии Код 3 (ПК-9)-3		цензурируемых научных изданиях по биоорганической химии	мых научных изданиях по биоорганической химии	чие однократного опыта публикаций в рецензируемых научных изданиях по биоорганической химии	кратного опыта публикаций в рецензируемых научных изданиях по биоорганической химии		
УМЕТЬ: представлять научные результаты по теме диссертационной работы в виде публикаций в рецензируемых научных изданиях Код У(ПК-9)-1	Отсутствие умений	Фрагментарное использование методов подготовки научных результатов к публикации в рецензируемых научных изданиях	В целом успешное, но не систематическое использование методов подготовки научных результатов к публикации в рецензируемых научных изданиях	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы использование методов подготовки научных результатов к публикации в рецензируемых научных изданиях	Сформированное умение использовать методы подготовки научных результатов к публикации в рецензируемых научных изданиях	Исследовательская практика, научные исследования	Публикации
УМЕТЬ: готовить заявки на получение научных грантов и заключения контрактов по НИР в области биоорганической химии Код: У (ПК-9)-2	Отсутствие умений	Умение готовить отдельные материалы для заявки на получение научных грантов по поручению научного руководителя	В целом успешное, но не систематическое использование умения готовить заявки на получение научных грантов и заключения контрактов по НИР	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение готовить предложения по тематике и плану реализации исследовательских проектов, а также оформлять проект согласно установленным требованиям	Сформированное умение готовить предложения по тематике и плану реализации исследовательских проектов; обосновывать предложения с точки зрения реалистичности сроков, затрат и ресурсной обеспеченности; оформлять проект согласно установленным требованиям	Исследовательская практика, научные исследования	Отчеты по практике, научным исследованиям
УМЕТЬ: представлять ре-	Отсутствие умений	Умение представлять результаты	В целом успешное, умение представ-	Успешное умение представлять ре-	Сформированное умение представ-	Исследовательская	Отчеты по практике, на-

зультаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому и бизнес-сообществу Код: У (ПК-9)-3	ний	НИР узкому кругу специалистов	лять результаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому сообществу	зультаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому и бизнес-сообществу	лять результаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому и бизнес-сообществу; определять целевые группы и форматы продвижения результатов собственной научной деятельности	практика, научные исследования	учным исследованиям, научные доклады на конференциях научных семинарах и коллоквиумах, выставках по профилю подготовки
ВЛАДЕТЬ: методами планирования, подготовки, проведения НИР, анализа полученных данных, формулировки выводов и рекомендаций по направленности (научной специальности) 02.00.10 Биоорганическая химия Код В (ПК-9)-1	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение методов планирования, подготовки и проведения НИР, анализа и обсуждения полученных данных	В целом успешное, но не систематическое применение методов планирования, подготовки, проведения НИР, анализа полученных данных	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение методов планирования, подготовки, проведения НИР, анализа полученных данных, формулировка выводов по результатам НИР	Успешное и систематическое применение методов планирования, подготовки и проведения НИР и анализа и обсуждения экспериментальных данных; формулировка выводов и рекомендаций по результатам НИР	Исследовательская практика, научные исследования	Отчеты по практике, научным исследованиям, научные доклады на конференциях, статьи
ВЛАДЕТЬ: навыками составления и подачи конкурсных заявок на выполнение научно-исследовательских и проектных работ по направ-	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение навыков составления и подачи конкурсных заявок на выполнение научно-исследовательских и проектных	В целом успешное, но не систематическое применение навыков составления и подачи конкурсных заявок на выполнение научно-исследователь-	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков составления и подачи конкурсных заявок на выполнение научно-исследовательских и	Успешное и систематическое применение навыков составления и подачи конкурсных заявок на выполнение научно-исследователь-	Исследовательская практика, научные исследования	Отчеты по практике, научным исследованиям, тексты заявок

ленности подго- товки 02.00.10 Биоорганическая химия Код: В (ПК-9)-2		работ по направ- ленности подго- товки	ских и проектных работ по направ- ленности подго- товки	проектных работ по направленности под- готовки	ских и проектных работ по направ- ленности подго- товки		

ИТОГОВЫЙ КОНТРОЛЬ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИИ У ОБУЧАЮЩЕГОСЯ

Итоговый контроль сформированности компетенции –научный доклад об основных результатах подготовленной научно-квалификационной работы (диссертации)

Промежуточный контроль (отчеты о исследовательской практике и научным исследованиям) согласно учебному плану

КАРТА КОМПЕТЕНЦИИ ВЫПУСКНИКА ПРОГРАММЫ АСПИРАНТУРЫ МГУ

Код и название КОМПЕТЕНЦИИ:

ПК-10: способность к самостоятельному проведению научно-исследовательской работы и получению научных результатов, удовлетворяющих установленным требованиям к содержанию диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук по специальности 02.00.11 Коллоидная химия

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОМПЕТЕНЦИИ

Тип КОМПЕТЕНЦИИ:

Профессиональная компетенция выпускника программы аспирантуры по направлению подготовки 04.06.01 Химические науки.

ПОРОГОВЫЙ (ВХОДНОЙ) УРОВНЬ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ, ТРЕБУЕМЫЙ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ

Для того чтобы формирование данной компетенции было возможно, обучающийся, приступивший к освоению программы аспирантуры, должен:

- **ЗНАТЬ:** фундаментальные основы коллоидной химии, а также основные тенденции ее развития.
- **УМЕТЬ:** составлять отчёты о научно-исследовательской работе, включающие обзор литературы, экспериментальную часть и обсуждение результатов
- **ВЛАДЕТЬ:** базовыми теоретическими представлениями и методами исследований в коллоидной химии.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ (ПК-10) И КРИТЕРИИ ИХ ОЦЕНИВАНИЯ

Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения					Элемент (элементы) образовательной программы, формирующие результат обучения	Оценочные средства
	1	2	3	4	5		
ЗНАТЬ: современное состояние науки в области коллоидной химии Код 3 (ПК-10)-1	Отсутствие знаний	Фрагментарные представления о современном состоянии науки в области коллоидной химии	Неполные представления о современном состоянии науки в области коллоидной химии	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы, представления о современном состоянии науки в области коллоидной химии	Сформированные систематические представления о современном состоянии науки в области коллоидной химии	Дисциплины научной специальности	Экзамены и (или) зачеты по дисциплинам (оценочные средства: устные вопросы, письменная работа, собеседование и т.п.)
ЗНАТЬ: нормативные документы для составления заявок, грантов, проектов НИР Код 3 (ПК-10)-2	Отсутствие знаний	Фрагментарные представления о нормативных документах для составления заявок, грантов, проектов НИР	Неполные представления о нормативных документах для составления заявок, грантов, проектов НИР	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания нормативных документов для составления заявок, грантов, проектов НИР	Сформированные систематические знания нормативных документов для составления заявок, грантов, проектов НИР	Научные исследования	Отчеты о научных исследованиях
ЗНАТЬ: требования к содержанию и правилам оформления рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях по	Отсутствие знаний	Фрагментарные представления о требованиях к содержанию и правилам оформления рукописей к публикации в рецензируемых на-	Общие представления о требованиях к содержанию и правилам оформления рукописей к публикации в рецензируемых научных из-	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы представления о требованиях к содержанию и правилам оформления рукописей, наличие однократного	Сформированные представления о требованиях к содержанию и правилам оформления рукописей, наличие неоднократного опыта	Исследовательская практика, научные исследования	Отчеты о научных исследованиях, практике, публикации

коллоидной химии Код 3 (ПК-10)-3		учных изданиях по коллоидной химии	даниях по коллоидной химии	опыта публикаций в рецензируемых научных изданиях по коллоидной химии	публикаций в рецензируемых научных изданиях по коллоидной химии		
УМЕТЬ: представлять научные результаты по теме диссертационной работы в виде публикаций в рецензируемых научных изданиях Код У(ПК-10)-1	Отсутствие умений	Фрагментарное использование методов подготовки научных результатов к публикации в рецензируемых научных изданиях	В целом успешное, но не систематическое использование методов подготовки научных результатов к публикации в рецензируемых научных изданиях	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы использование методов подготовки научных результатов к публикации в рецензируемых научных изданиях	Сформированное умение использовать методов подготовки научных результатов к публикации в рецензируемых научных изданиях	Исследовательская практика, научные исследования	Публикации
УМЕТЬ: готовить заявки на получение научных грантов и заключения контрактов по НИР в области коллоидной химии Код: У (ПК-10)-2	Отсутствие умений	Умение готовить отдельные материалы для заявки на получение научных грантов по поручению научного руководителя	В целом успешное, но не систематическое умение готовить заявки на получение научных грантов и заключения контрактов по НИР	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение готовить предложения по тематике и плану реализации исследовательских проектов, а также оформлять проект согласно установленным требованиям	Сформированное умение готовить предложения по тематике и плану реализации исследовательских проектов; обосновывать предложения с точки зрения реалистичности сроков, затрат и ресурсной обеспеченности; оформлять проект согласно установленным требованиям	Исследовательская практика, научные исследования	Отчеты по практике, научным исследованиям
УМЕТЬ: представлять результаты НИР (в	Отсутствие умений	Умение представлять результаты НИР узкому кругу	В целом успешное, умение представлять результаты	Успешное умение представлять результаты НИР (в т.ч.,	Сформированное умение представлять результаты	Исследовательская практика, на-	Отчеты по практике, научным иссле-

т.ч., диссертационной работы) академическому и бизнес-сообществу Код: У (ПК-10)-3		специалистов	НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому сообществу	диссертационной работы) академическому и бизнес-сообществу	НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому и бизнес-сообществу; определять целевые группы и форматы продвижения результатов собственной научной деятельности	учные исследования	дованиям, научные доклады на конференциях научных семинарах и коллоквиумах, выставках по профилю подготовки
ВЛАДЕТЬ: методами планирования, подготовки, проведения НИР, анализа полученных данных, формулировки выводов и рекомендаций по направленности (научной специальности) 02.00.11 Коллоидная химия Код В (ПК-10)-1	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение методов планирования, подготовки и проведения НИР, анализа и обсуждения полученных данных	В целом успешное, но не систематическое применение методов планирования, подготовки, проведения НИР, анализа полученных данных	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение методов планирования, подготовки, проведения НИР, анализа полученных данных, формулировка выводов по результатам НИР	Успешное и систематическое применение методов планирования, подготовки и проведения НИР и анализа и обсуждения экспериментальных данных; формулировка выводов и рекомендаций по результатам НИР	Исследовательская практика, научные исследования	Отчеты по практике, научным исследованиям, научные доклады на конференциях, статьи
ВЛАДЕТЬ: навыками составления и подачи конкурсных заявок на выполнение научно-исследовательских и проектных работ по направленности подго-	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение навыков составления и подачи конкурсных заявок на выполнение научно-исследовательских и проектных работ по направ-	В целом успешное, но не систематическое применение навыков составления и подачи конкурсных заявок на выполнение научно-исследовательских и проектных	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков составления и подачи конкурсных заявок на выполнение научно-исследовательских и проектных работ по	Успешное и систематическое применение навыков составления и подачи конкурсных заявок на выполнение научно-исследовательских и проектных	Исследовательская практика, научные исследования	Отчеты по практике, научным исследованиям, тексты заявок

товки 02.00.11 Коллоидная химия Код: В (ПК-10)-2		ленности подготовки	работ по направленности подготовки	направленности подготовки	работ по направленности подготовки		

ИТОГОВЫЙ КОНТРОЛЬ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИИ У ОБУЧАЮЩЕГОСЯ

Итоговый контроль сформированности компетенции –научный доклад об основных результатах подготовленной научно-квалификационной работы (диссертации)

Промежуточный контроль (отчеты о исследовательской практике и научным исследованиям) согласно учебному плану

КАРТА КОМПЕТЕНЦИИ ВЫПУСКНИКА ПРОГРАММЫ АСПИРАНТУРЫ МГУ

Код и название КОМПЕТЕНЦИИ:

ПК-11: способность к самостоятельному проведению научно-исследовательской работы и получению научных результатов, удовлетворяющих установленным требованиям к содержанию диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук по специальности 02.00.13 Нефтехимия

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОМПЕТЕНЦИИ

Тип КОМПЕТЕНЦИИ:

Профессиональная компетенция выпускника программы аспирантуры по направлению подготовки 04.06.01 Химические науки.

ПОРОГОВЫЙ (ВХОДНОЙ) УРОВНЬ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ, ТРЕБУЕМЫЙ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ

Для того чтобы формирование данной компетенции было возможно, обучающийся, приступивший к освоению программы аспирантуры, должен:

- **ЗНАТЬ:** фундаментальные основы нефтехимии, а также основные тенденции ее развития.
- **УМЕТЬ:** составлять отчёты о научно-исследовательской работе, включающие обзор литературы, экспериментальную часть и обсуждение результатов
- **ВЛАДЕТЬ:** базовыми теоретическими представлениями и методами исследований в нефтехимии.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ (ПК-12) И КРИТЕРИИ ИХ ОЦЕНИВАНИЯ

Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения					Элемент (элементы) образовательной программы, формирующие результат обучения	Оценочные средства
	1	2	3	4	5		
ЗНАТЬ: современное состояние науки в области нефтехимии Код 3 (ПК-11)-1	Отсутствие знаний	Фрагментарные представления о современном состоянии науки в области нефтехимии	Неполные представления о современном состоянии науки в области нефтехимии	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы, представления о современном состоянии науки в области нефтехимии	Сформированные систематические представления о современном состоянии науки в области нефтехимии	Дисциплины научной специальности	Экзамены и (или) зачеты по дисциплинам (оценочные средства: устные вопросы, письмен-

							ная работа, собеседование и т.п.)
ЗНАТЬ: нормативные документы для составления заявок, грантов, проектов НИР Код 3 (ПК-11)-2	Отсутствие знаний	Фрагментарные представления о нормативных документах для составления заявок, грантов, проектов НИР	Неполные представления о нормативных документах для составления заявок, грантов, проектов НИР	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания нормативных документов для составления заявок, грантов, проектов НИР	Сформированные систематические знания нормативных документов для составления заявок, грантов, проектов НИР	Научные исследования	Отчеты о научных исследованиях
ЗНАТЬ: требования к содержанию и правила оформления рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях по нефтехимии Код 3 (ПК-11)-3	Отсутствие знаний	Фрагментарные представления о требованиях к содержанию и правилам оформления рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях по нефтехимии	Общие представления о требованиях к содержанию и правилам оформления рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях по нефтехимии	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы представления о требованиях к содержанию и правилам оформления рукописей, наличие однократного опыта публикаций в рецензируемых научных изданиях по нефтехимии	Сформированные представления о требованиях к содержанию и правилам оформления рукописей, наличие неоднократного опыта публикаций в рецензируемых научных изданиях по нефтехимии	Исследовательская практика, научные исследования	Отчеты о научных исследованиях, практике, публикации
УМЕТЬ: представлять научные результаты по теме диссертационной работы в виде публикаций в рецензируемых научных изданиях Код У(ПК-11)-1	Отсутствие умений	Фрагментарное использование методов подготовки научных результатов к публикации в рецензируемых научных изданиях	В целом успешное, но не систематическое использование методов подготовки научных результатов к публикации в рецензируемых научных изданиях	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы использование методов подготовки научных результатов к публикации в рецензируемых научных изданиях	Сформированное умение использовать методов подготовки научных результатов к публикации в рецензируемых научных изданиях	Исследовательская практика, научные исследования	Публикации
УМЕТЬ: готовить заявки на получение на-	Отсутствие умений	Умение готовить отдельные материалы для заявки	В целом успешное, но не систематическое использо-	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение	Сформированное умение готовить предложения по	Исследовательская практика, на-	Отчеты по практике, научным иссле-

учных грантов и заключения контрактов по НИР в области нефтехимии Код: У (ПК-11)-2		на получение научных грантов по поручению научного руководителя	вание умения готовить заявки на получение научных грантов и заключения контрактов по НИР	готовить предложения по тематике и плану реализации исследовательских проектов, а также оформлять проект согласно установленным требованиям	тематике и плану реализации исследовательских проектов; обосновывать предложения с точки зрения реалистичности сроков, затрат и ресурсной обеспеченности; оформлять проект согласно установленным требованиям	учные исследования	дованиям
УМЕТЬ: представлять результаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому и бизнес-сообществу Код: У (ПК-11)-3	Отсутствие умений	Умение представлять результаты НИР узкому кругу специалистов	В целом успешное, умение представлять результаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому сообществу	Успешное умение представлять результаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому и бизнес-сообществу	Сформированное умение представлять результаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому и бизнес-сообществу; определять целевые группы и форматы продвижения результатов собственной научной деятельности	Исследовательская практика, научные исследования	Отчеты по практике, научным исследованиям, научные доклады на конференциях научных семинарах и коллоквиумах, выставках по профилю подготовки

ВЛАДЕТЬ: методами планирования, подготовки, проведения НИР, анализа полученных данных, формулировки выводов и рекомендаций по направленности (научной специальности) 02.00.13 Нефтехимия Код В (ПК-11)-1	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение методов планирования, подготовки и проведения НИР, анализа и обсуждения полученных данных	В целом успешное, но не систематическое применение методов планирования, подготовки, проведения НИР, анализа полученных данных	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение методов планирования, подготовки, проведения НИР, анализа полученных данных, формулировка выводов по результатам НИР	Успешное и систематическое применение методов планирования, подготовки и проведения НИР и анализа и обсуждения экспериментальных данных; формулировка выводов и рекомендаций по результатам НИР	Исследовательская практика, научные исследования	Отчеты по практике, научным исследованиям, научные доклады на конференциях, статьи
ВЛАДЕТЬ: навыками составления и подачи конкурсных заявок на выполнение научно-исследовательских и проектных работ по направленности подготовки 02.00.13 Нефтехимия Код: В (ПК-11)-2	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение навыков составления и подачи конкурсных заявок на выполнение научно-исследовательских и проектных работ по направленности подготовки	В целом успешное, но не систематическое применение навыков составления и подачи конкурсных заявок на выполнение научно-исследовательских и проектных работ по направленности подготовки	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков составления и подачи конкурсных заявок на выполнение научно-исследовательских и проектных работ по направленности подготовки	Успешное и систематическое применение навыков составления и подачи конкурсных заявок на выполнение научно-исследовательских и проектных работ по направленности подготовки	Исследовательская практика, научные исследования	Отчеты по практике, научным исследованиям, тексты заявок

ИТОГОВЫЙ КОНТРОЛЬ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИИ У ОБУЧАЮЩЕГОСЯ

Итоговый контроль сформированности компетенции –научный доклад об основных результатах подготовленной научно-квалификационной работы (диссертации)

Промежуточный контроль (отчеты о исследовательской практике и научным исследованиям) согласно учебному плану

КАРТА КОМПЕТЕНЦИИ ВЫПУСКНИКА ПРОГРАММЫ АСПИРАНТУРЫ МГУ

Код и название КОМПЕТЕНЦИИ:

ПК-12: способность к самостоятельному проведению научно-исследовательской работы и получению научных результатов, удовлетворяющих установленным требованиям к содержанию диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук по специальности 02.00.14 Радиохимия

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОМПЕТЕНЦИИ

Тип КОМПЕТЕНЦИИ:

Профессиональная компетенция выпускника программы аспирантуры по направлению подготовки 04.06.01 Химические науки.

ПОРОГОВЫЙ (ВХОДНОЙ) УРОВНЬ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ, ТРЕБУЕМЫЙ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ

Для того чтобы формирование данной компетенции было возможно, обучающийся, приступивший к освоению программы аспирантуры, должен:

- **ЗНАТЬ:** фундаментальные основы радиохимии, а также основные тенденции ее развития.
- **УМЕТЬ:** составлять отчёты о научно-исследовательской работе, включающие обзор литературы, экспериментальную часть и обсуждение результатов
- **ВЛАДЕТЬ:** базовыми теоретическими представлениями и методами исследований в радиохимии.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ (ПК-13) И КРИТЕРИИ ИХ ОЦЕНИВАНИЯ

Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения					Элемент (элементы) образовательной программы, формирующие результат обучения	Оценочные средства
	1	2	3	4	5		
ЗНАТЬ: современное состояние науки в области радиохимии Код 3 (ПК-12)-1	Отсутствие знаний	Фрагментарные представления о современном состоянии науки в области радиохимии	Неполные представления о современном состоянии науки в области радиохимии	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы, представления о современном состоянии науки в области радиохимии	Сформированные систематические представления о современном состоянии науки в области радиохимии	Дисциплины научной специальности	Экзамены и (или) зачеты по дисциплинам (оценочные средства: устные вопросы, письменная работа, собеседование и т.п.)
ЗНАТЬ: нормативные документы для составления заявок, грантов, проектов НИР Код 3 (ПК-12)-2	Отсутствие знаний	Фрагментарные представления о нормативных документах для составления заявок, грантов, проектов НИР	Неполные представления о нормативных документах для составления заявок, грантов, проектов НИР	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания нормативных документов для составления заявок, грантов, проектов НИР	Сформированные систематические знания нормативных документов для составления заявок, грантов, проектов НИР	Научные исследования	Отчеты о научных исследованиях
ЗНАТЬ: требования к содержанию и правилам оформления рукописей к публикации в рецензируемых науч-	Отсутствие знаний	Фрагментарные представления о требованиях к содержанию и правилам оформления рукописей к публикации в ре-	Общие представления о требованиях к содержанию и правилам оформления рукописей к публикации в рецензируе-	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы представления о требованиях к содержанию и правилам оформления рукописей, нали-	Сформированные представления о требованиях к содержанию и правилам оформления рукописей, наличие неодно-	Исследовательская практика, научные исследования	Отчеты о научных исследованиях, практике, публикации

ных изданиях по радиохимии Код 3 (ПК-12)-3		цензурируемых научных изданиях по радиохимии	мых научных изданиях по радиохимии	чие однократного опыта публикаций в рецензируемых научных изданиях по радиохимии	кратного опыта публикаций в рецензируемых научных изданиях по радиохимии		
УМЕТЬ: представлять научные результаты по теме диссертационной работы в виде публикаций в рецензируемых научных изданиях Код У(ПК-12)-1	Отсутствие умений	Фрагментарное использование методов подготовки научных результатов к публикации в рецензируемых научных изданиях	В целом успешное, но не систематическое использование методов подготовки научных результатов к публикации в рецензируемых научных изданиях	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы использование методов подготовки научных результатов к публикации в рецензируемых научных изданиях	Сформированное умение использовать методов подготовки научных результатов к публикации в рецензируемых научных изданиях	Исследовательская практика, научные исследования	Публикации
УМЕТЬ: готовить заявки на получение научных грантов и заключения контрактов по НИР в области радиохимии Код: У (ПК-12)-2	Отсутствие умений	Умение готовить отдельные материалы для заявки на получение научных грантов по поручению научного руководителя	В целом успешное, но не систематическое использование умения готовить заявки на получение научных грантов и заключения контрактов по НИР	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение готовить предложения по тематике и плану реализации исследовательских проектов, а также оформлять проект согласно установленным требованиям	Сформированное умение готовить предложения по тематике и плану реализации исследовательских проектов; обосновывать предложения с точки зрения реалистичности сроков, затрат и ресурсной обеспеченности; оформлять проект согласно установленным требованиям	Исследовательская практика, научные исследования	Отчеты по практике, научным исследованиям
УМЕТЬ: представлять результаты НИР (в	Отсутствие умений	Умение представлять результаты НИР узкому кругу	В целом успешное, умение представлять результаты	Успешное умение представлять результаты НИР (в т.ч.,	Сформированное умение представлять результаты	Исследовательская практика, на-	Отчеты по практике, научным иссле-

т.ч., диссертационной работы) академическому и бизнес-сообществу Код: У (ПК-12)-3		специалистов	НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому сообществу	диссертационной работы) академическому и бизнес-сообществу	НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому и бизнес-сообществу; определять целевые группы и форматы продвижения результатов собственной научной деятельности	учные исследования	дованиям, научные доклады на конференциях научных семинарах и коллоквиумах, выставках по профилю подготовки
ВЛАДЕТЬ: методами планирования, подготовки, проведения НИР, анализа полученных данных, формулировки выводов и рекомендаций по направленности (научной специальности) 02.00.14 Радиохимия Код В (ПК-12)-1	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение методов планирования, подготовки и проведения НИР, анализа и обсуждения полученных данных	В целом успешное, но не систематическое применение методов планирования, подготовки, проведения НИР, анализа полученных данных	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение методов планирования, подготовки, проведения НИР, анализа полученных данных, формулировка выводов по результатам НИР	Успешное и систематическое применение методов планирования, подготовки и проведения НИР и анализа и обсуждения экспериментальных данных; формулировка выводов и рекомендаций по результатам НИР	Исследовательская практика, научные исследования	Отчеты по практике, научным исследованиям, научные доклады на конференциях, статьи
ВЛАДЕТЬ: навыками составления и подачи конкурсных заявок на выполнение научно-исследовательских и проектных работ по направленности подго-	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение навыков составления и подачи конкурсных заявок на выполнение научно-исследовательских и проектных работ по направ-	В целом успешное, но не систематическое применение навыков составления и подачи конкурсных заявок на выполнение научно-исследовательских и проектных	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков составления и подачи конкурсных заявок на выполнение научно-исследовательских и проектных работ по	Успешное и систематическое применение навыков составления и подачи конкурсных заявок на выполнение научно-исследовательских и проектных	Исследовательская практика, научные исследования	Отчеты по практике, научным исследованиям, тексты заявок

товки 02.00.14 Радиохимия Код: В (ПК-12)-2		ленности подго- товки	работ по направ- ленности подго- товки	направленности под- готовки	работ по направ- ленности подго- товки		

ИТОГОВЫЙ КОНТРОЛЬ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИИ У ОБУЧАЮЩЕГОСЯ

Итоговый контроль сформированности компетенции –научный доклад об основных результатах подготовленной научно-квалификационной работы (диссертации)

Промежуточный контроль (отчеты о исследовательской практике и научным исследованиям) согласно учебному плану

КАРТА КОМПЕТЕНЦИИ ВЫПУСКНИКА ПРОГРАММЫ АСПИРАНТУРЫ МГУ

Код и название КОМПЕТЕНЦИИ:

ПК-13: способность к самостоятельному проведению научно-исследовательской работы и получению научных результатов, удовлетворяющих установленным требованиям к содержанию диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук по специальности 02.00.15 Кинетика и катализ

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОМПЕТЕНЦИИ

Тип КОМПЕТЕНЦИИ:

Профессиональная компетенция выпускника программы аспирантуры по направлению подготовки 04.06.01 Химические науки.

ПОРОГОВЫЙ (ВХОДНОЙ) УРОВНЬ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ, ТРЕБУЕМЫЙ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ

Для того чтобы формирование данной компетенции было возможно, обучающийся, приступивший к освоению программы аспирантуры, должен:

- **ЗНАТЬ:** фундаментальные основы кинетики и катализа, а также основные тенденции их развития.
- **УМЕТЬ:** составлять отчёты о научно-исследовательской работе, включающие обзор литературы, экспериментальную часть и обсуждение результатов
- **ВЛАДЕТЬ:** базовыми теоретическими представлениями и методами исследований в кинетике и катализе.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ (ПК-14) И КРИТЕРИИ ИХ ОЦЕНИВАНИЯ

Планируемые результаты обучения (показатели дос-	Критерии оценивания результатов обучения					Элемент (элементы) образовательной про-	Оценочные средства
	1			4	5		

тижения заданного уровня освоения компетенций)		2	3			граммы, формирующие результаты обучения	
ЗНАТЬ: современное состояние науки в области кинетики и катализа Код 3 (ПК-13)-1	Отсутствие знаний	Фрагментарные представления о современном состоянии науки в области кинетики и катализа	Неполные представления о современном состоянии науки в области кинетики и катализа	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы, представления о современном состоянии науки в области кинетики и катализа	Сформированные систематические представления о современном состоянии науки в области кинетики и катализа	Дисциплины научной специальности	Экзамены и (или) зачеты по дисциплинам (оценочные средства: устные вопросы, письменная работа, собеседование и т.п.)
ЗНАТЬ: нормативные документы для составления заявок, грантов, проектов НИР Код 3 (ПК-13)-2	Отсутствие знаний	Фрагментарные представления о нормативных документах для составления заявок, грантов, проектов НИР	Неполные представления о нормативных документах для составления заявок, грантов, проектов НИР	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания нормативных документов для составления заявок, грантов, проектов НИР	Сформированные систематические знания нормативных документов для составления заявок, грантов, проектов НИР	Научные исследования	Отчеты о научных исследованиях
ЗНАТЬ: требования к содержанию и правилам оформления рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях по кинетике и катализу Код 3 (ПК-13)-3	Отсутствие знаний	Фрагментарные представления о требованиях к содержанию и правилам оформления рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях по кинетике и катализу	Общие представления о требованиях к содержанию и правилам оформления рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях по кинетике и катализу	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы представления о требованиях к содержанию и правилам оформления рукописей, наличие однократного опыта публикаций в рецензируемых научных изданиях по кинетике и катализу	Сформированные представления о требованиях к содержанию и правилам оформления рукописей, наличие неоднократного опыта публикаций в рецензируемых научных изданиях по кинетике и катализу	Исследовательская практика, научные исследования	Отчеты о научных исследованиях, практике, публикации
УМЕТЬ: представлять на-	Отсутствие уме-	Фрагментарное использование	В целом успешное, но не системати-	В целом успешное, но содержащее отдель-	Сформированное умение использо-	Исследовательская	Публикации

учные результаты по теме диссертационной работы в виде публикаций в рецензируемых научных изданиях Код У(ПК-13)-1	ний	методов подготовки научных результатов к публикации в рецензируемых научных изданиях	ческое использование методов подготовки научных результатов к публикации в рецензируемых научных изданиях	ные пробелы использование методов подготовки научных результатов к публикации в рецензируемых научных изданиях	вать методов подготовки научных результатов к публикации в рецензируемых научных изданиях	практика, научные исследования	
УМЕТЬ: готовить заявки на получение научных грантов и заключения контрактов по НИР в области кинетики и катализа Код: У (ПК-13)-2	Отсутствие умений	Умение готовить отдельные материалы для заявки на получение научных грантов по поручению научного руководителя	В целом успешное, но не систематическое использование умения готовить заявки на получение научных грантов и заключения контрактов по НИР	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение готовить предложения по тематике и плану реализации исследовательских проектов, а также оформлять проект согласно установленным требованиям	Сформированное умение готовить предложения по тематике и плану реализации исследовательских проектов; обосновывать предложения с точки зрения реалистичности сроков, затрат и ресурсной обеспеченности; оформлять проект согласно установленным требованиям	Исследовательская практика, научные исследования	Отчеты по практике, научным исследованиям
УМЕТЬ: представлять результаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому и бизнес-сообществу Код: У (ПК-13)-3	Отсутствие умений	Умение представлять результаты НИР узкому кругу специалистов	В целом успешное, умение представлять результаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому сообществу	Успешное умение представлять результаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому и бизнес-сообществу	Сформированное умение представлять результаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому и бизнес-сообществу; определять целевые группы и форматы	Исследовательская практика, научные исследования	Отчеты по практике, научным исследованиям, научные доклады на конференциях научных семинарах и коллоквиумах, вы-

					продвижения результатов собственной научной деятельности		ставках по профилю подготовки
ВЛАДЕТЬ: методами планирования, подготовки, проведения НИР, анализа полученных данных, формулировки выводов и рекомендаций по направленности (научной специальности) 02.00.15 Кинетика и катализ Код В (ПК-13)-1	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение методов планирования, подготовки и проведения НИР, анализа и обсуждения полученных данных	В целом успешное, но не систематическое применение методов планирования, подготовки, проведения НИР, анализа полученных данных	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение методов планирования, подготовки, проведения НИР, анализа полученных данных, формулировка выводов по результатам НИР	Успешное и систематическое применение методов планирования, подготовки и проведения НИР и анализа и обсуждения экспериментальных данных; формулировка выводов и рекомендаций по результатам НИР	Исследовательская практика, научные исследования	Отчеты по практике, научным исследованиям, научные доклады на конференциях, статьи
ВЛАДЕТЬ: навыками составления и подачи конкурсных заявок на выполнение научно-исследовательских и проектных работ по направленности подготовки 02.00.15 Кинетика и катализ Код: В (ПК-13)-2	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение навыков составления и подачи конкурсных заявок на выполнение научно-исследовательских и проектных работ по направленности подготовки	В целом успешное, но не систематическое применение навыков составления и подачи конкурсных заявок на выполнение научно-исследовательских и проектных работ по направленности подготовки	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков составления и подачи конкурсных заявок на выполнение научно-исследовательских и проектных работ по направленности подготовки	Успешное и систематическое применение навыков составления и подачи конкурсных заявок на выполнение научно-исследовательских и проектных работ по направленности подготовки	Исследовательская практика, научные исследования	Отчеты по практике, научным исследованиям, тексты заявок

ИТОГОВЫЙ КОНТРОЛЬ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИИ У ОБУЧАЮЩЕГОСЯ

Итоговый контроль сформированности компетенции –научный доклад об основных результатах подготовленной научно-квалификационной работы (диссертации)

Промежуточный контроль (отчеты о исследовательской практике и научным исследованиям) согласно учебному плану

КАРТА КОМПЕТЕНЦИИ ВЫПУСКНИКА ПРОГРАММЫ АСПИРАНТУРЫ МГУ

Код и название КОМПЕТЕНЦИИ:

ПК-14: способность к самостоятельному проведению научно-исследовательской работы и получению научных результатов, удовлетворяющих установленным требованиям к содержанию диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук по специальности 02.00.16 Медицинская химия

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОМПЕТЕНЦИИ

Тип КОМПЕТЕНЦИИ:

Профессиональная компетенция выпускника программы аспирантуры по направлению подготовки 04.06.01 Химические науки.

ПОРОГОВЫЙ (ВХОДНОЙ) УРОВНЬ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ, ТРЕБУЕМЫЙ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ

Для того чтобы формирование данной компетенции было возможно, обучающийся, приступивший к освоению программы аспирантуры, должен:

- **ЗНАТЬ:** фундаментальные основы органической и медицинской химии, а также основные тенденции их развития.
- **УМЕТЬ:** составлять отчёты о научно-исследовательской работе, включающие обзор литературы, экспериментальную часть и обсуждение результатов

- ВЛАДЕТЬ: базовыми теоретическими представлениями и методами исследований в медицинской химии.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ (ПК-14) И КРИТЕРИИ ИХ ОЦЕНИВАНИЯ

Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения					Элемент (элементы) образовательной программы, формирующие результаты обучения	Оценочные средства
	1	2	3	4	5		
ЗНАТЬ: современное состояние науки в области медицинской химии Код 3 (ПК-14)-1	Отсутствие знаний	Фрагментарные представления о современном состоянии науки в области медицинской химии	Неполные представления о современном состоянии науки в области медицинской химии	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы, представления о современном состоянии науки в области медицинской химии	Сформированные систематические представления о современном состоянии науки в области медицинской химии	Дисциплины научной специальности	Экзамены и (или) зачеты по дисциплинам (оценочные средства: устные вопросы, письменная работа, собеседование и т.п.)
ЗНАТЬ: нормативные документы для составления заявок, грантов, проектов НИР Код 3 (ПК-14)-2	Отсутствие знаний	Фрагментарные представления о нормативных документах для составления заявок, грантов, проектов НИР	Неполные представления о нормативных документах для составления заявок, грантов, проектов НИР	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания нормативных документов для составления заявок, грантов, проектов НИР	Сформированные систематические знания нормативных документов для составления заявок, грантов, проектов НИР	Научные исследования	Отчеты о научных исследованиях
ЗНАТЬ: требования к содержанию и правила оформления	Отсутствие знаний	Фрагментарные представления о требованиях к содержанию и пра-	Общие представления о требованиях к содержанию и правилам	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы представления о требова-	Сформированные представления о требованиях к содержанию и пра-	Исследовательская практика, научные иссле-	Отчеты о научных исследованиях, практике,

рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях по медицинской химии Код 3 (ПК-14)-3		вилам оформления рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях по медицинской химии	оформления рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях по медицинской химии	ниях к содержанию и правилам оформления рукописей, наличие однократного опыта публикаций в рецензируемых научных изданиях по медицинской химии	вилам оформления рукописей, наличие неоднократного опыта публикаций в рецензируемых научных изданиях по медицинской химии	дования	публикации
УМЕТЬ: представлять научные результаты по теме диссертационной работы в виде публикаций в рецензируемых научных изданиях Код У(ПК-14)-1	Отсутствие умений	Фрагментарное использование методов подготовки научных результатов к публикации в рецензируемых научных изданиях	В целом успешное, но не систематическое использование методов подготовки научных результатов к публикации в рецензируемых научных изданиях	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы использование методов подготовки научных результатов к публикации в рецензируемых научных изданиях	Сформированное умение использовать методы подготовки научных результатов к публикации в рецензируемых научных изданиях	Исследовательская практика, научные исследования	Публикации
УМЕТЬ: готовить заявки на получение научных грантов и заключения контрактов по НИР в области медицинской химии Код: У (ПК-14)-2	Отсутствие умений	Умение готовить отдельные материалы для заявки на получение научных грантов по поручению научного руководителя	В целом успешное, но не систематическое использование умения готовить заявки на получение научных грантов и заключения контрактов по НИР	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение готовить предложения по тематике и плану реализации исследовательских проектов, а также оформлять проект согласно установленным требованиям	Сформированное умение готовить предложения по тематике и плану реализации исследовательских проектов; обосновывать предложения с точки зрения реалистичности сроков, затрат и ресурсной обеспеченности; оформлять проект согласно установленным	Исследовательская практика, научные исследования	Отчеты по практике, научным исследованиям

УМЕТЬ: представлять результаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому и бизнес-сообществу Код: У (ПК-14)-3	Отсутствие умений	Умение представлять результаты НИР узкому кругу специалистов	В целом успешное, умение представлять результаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому сообществу	Успешное умение представлять результаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому и бизнес-сообществу	требованиям Сформированное умение представлять результаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому и бизнес-сообществу; определять целевые группы и форматы продвижения результатов собственной научной деятельности	Исследовательская практика, научные исследования	Отчеты по практике, научным исследованиям, научные доклады на конференциях научных семинарах и коллоквиумах, выставках по профилю подготовки
ВЛАДЕТЬ: методами планирования, подготовки, проведения НИР, анализа полученных данных, формулировки выводов и рекомендаций по направленности (научной специальности) 02.00.16 Медицинская химия Код В (ПК-14)-1	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение методов планирования, подготовки и проведения НИР, анализа и обсуждения полученных данных	В целом успешное, но не систематическое применение методов планирования, подготовки, проведения НИР, анализа полученных данных	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение методов планирования, подготовки, проведения НИР, анализа полученных данных, формулировка выводов по результатам НИР	Успешное и систематическое применение методов планирования, подготовки и проведения НИР и анализа и обсуждения экспериментальных данных; формулировка выводов и рекомендаций по результатам НИР	Исследовательская практика, научные исследования	Отчеты по практике, научным исследованиям, научные доклады на конференциях, статьи
ВЛАДЕТЬ: навыками составления и подачи конкурсных заявок на выполнение научно-	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение навыков составления и подачи конкурсных заявок на выполнение научно-	В целом успешное, но не систематическое применение навыков составления и подачи конкурсных	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков составления и подачи конкурсных заявок	Успешное и систематическое применение навыков составления и подачи конкурсных заявок на	Исследовательская практика, научные исследования	Отчеты по практике, научным исследованиям, тексты заявок

исследователь- ских и проектных работ по направ- ленности подго- товки 02.00.16 Медицинская хи- мия Код: В (ПК-14)-2		но- исследователь- ских и проектных работ по направ- ленности подго- товки	заявок на выпол- нение научно- исследователь- ских и проектных работ по направ- ленности подго- товки	на выполнение науч- но- исследовательских и проектных работ по направленности под- готовки	выполнение науч- но- исследователь- ских и проектных работ по направ- ленности подго- товки		

ИТОГОВЫЙ КОНТРОЛЬ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИИ У ОБУЧАЮЩЕГОСЯ

Итоговый контроль сформированности компетенции –научный доклад об основных результатах подготовленной научно-квалификационной работы (диссертации)

Промежуточный контроль (отчеты о исследовательской практике и научным исследованиям) согласно учебному плану

КАРТА КОМПЕТЕНЦИИ ВЫПУСКНИКА ПРОГРАММЫ АСПИРАНТУРЫ МГУ

Код и название КОМПЕТЕНЦИИ:

ПК-15: способность к самостоятельному проведению научно-исследовательской работы и получению научных результатов, удовлетворяющих установленным требованиям к содержанию диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук по специальности 02.00.17 Математическая и квантовая химия

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОМПЕТЕНЦИИ

Тип КОМПЕТЕНЦИИ:

Профессиональная компетенция выпускника программы аспирантуры по направлению подготовки 04.06.01 Химические науки.

ПОРОГОВЫЙ (ВХОДНОЙ) УРОВНЬ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ, ТРЕБУЕМЫЙ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ

Для того чтобы формирование данной компетенции было возможно, обучающийся, приступивший к освоению программы аспирантуры, должен:

- ЗНАТЬ: фундаментальные основы математической и квантовой химии, а также основные тенденции их развития.
- УМЕТЬ: составлять отчёты о научно-исследовательской работе, включающие обзор литературы, экспериментальную часть и обсуждение результатов
- ВЛАДЕТЬ: базовыми теоретическими представлениями и методами исследований в математической и квантовой химии.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ (ПК-15) И КРИТЕРИИ ИХ ОЦЕНИВАНИЯ

Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения					Элемент (элементы) образовательной программы, формирующие результаты обучения	Оценочные средства
	1	2	3	4	5		
ЗНАТЬ: современное состояние науки в области математической и квантовой химии Код 3 (ПК-15)-1	Отсутствие знаний	Фрагментарные представления о современном состоянии науки в области математической и квантовой химии	Неполные представления о современном состоянии науки в области математической и квантовой химии	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы, представления о современном состоянии науки в области математической и квантовой химии	Сформированные систематические представления о современном состоянии науки в области математической и квантовой химии	Дисциплины научной специальности	Экзамены и (или) зачеты по дисциплинам (оценочные средства: устные вопросы, письменная работа, собеседование и т.п.)
ЗНАТЬ: нормативные документы для со-	Отсутствие знаний	Фрагментарные представления о нормативных до-	Неполные представления о нормативных доку-	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания	Сформированные систематические знания норматив-	Научные исследования	Отчеты о научных исследованиях

ставления заявок, грантов, проектов НИР Код 3 (ПК-15)-2		кументах для составления заявок, грантов, проектов НИР	ментах для составления заявок, грантов, проектов НИР	нормативных документов для составления заявок, грантов, проектов НИР	ных документов для составления заявок, грантов, проектов НИР		
ЗНАТЬ: требования к содержанию и правилам оформления рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях по математической и квантовой химии Код 3 (ПК-15)-3	Отсутствие знаний	Фрагментарные представления о требованиях к содержанию и правилам оформления рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях по математической и квантовой химии	Общие представления о требованиях к содержанию и правилам оформления рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях по математической и квантовой химии	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы представления о требованиях к содержанию и правилам оформления рукописей, наличие однократного опыта публикаций в рецензируемых научных изданиях по математической и квантовой химии	Сформированные представления о требованиях к содержанию и правилам оформления рукописей, наличие неоднократного опыта публикаций в рецензируемых научных изданиях по математической и квантовой химии	Исследовательская практика, научные исследования	Отчеты о научных исследованиях, практике, публикации
УМЕТЬ: представлять научные результаты по теме диссертационной работы в виде публикаций в рецензируемых научных изданиях Код У(ПК-15)-1	Отсутствие умений	Фрагментарное использование методов подготовки научных результатов к публикации в рецензируемых научных изданиях	В целом успешное, но не систематическое использование методов подготовки научных результатов к публикации в рецензируемых научных изданиях	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы использование методов подготовки научных результатов к публикации в рецензируемых научных изданиях	Сформированное умение использовать методы подготовки научных результатов к публикации в рецензируемых научных изданиях	Исследовательская практика, научные исследования	Публикации
УМЕТЬ: готовить заявки на получение научных грантов и заключения контрактов по НИР в области матема-	Отсутствие умений	Умение готовить отдельные материалы для заявки на получение научных грантов по поручению научного руководите-	В целом успешное, но не систематическое использование умения готовить заявки на получение научных грантов и за-	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение готовить предложения по тематике и плану реализации исследовательских	Сформированное умение готовить предложения по тематике и плану реализации исследовательских проектов; обосно-	Исследовательская практика, научные исследования	Отчеты по практике, научным исследованиям

тической и квантовой химии Код: У (ПК-15)-2		ля	ключения кон-трактов по НИР	проектов, а также оформлять проект согласно установленным требованиям	выывать предложения с точки зрения реалистичности сроков, затрат и ресурсной обеспеченности; оформлять проект согласно установленным требованиям		
УМЕТЬ: представлять результаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому и бизнес-сообществу Код: У (ПК-15)-3	Отсутствие умений	Умение представлять результаты НИР узкому кругу специалистов	В целом успешное, умение представлять результаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому сообществу	Успешное умение представлять результаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому и бизнес-сообществу	Сформированное умение представлять результаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому и бизнес-сообществу; определять целевые группы и форматы продвижения результатов собственной научной деятельности	Исследовательская практика, научные исследования	Отчеты по практике, научным исследованиям, научные доклады на конференциях научных семинарах и коллоквиумах, выставках по профилю подготовки
ВЛАДЕТЬ: методами планирования, подготовки, проведения НИР, анализа полученных данных, формулировки выводов и рекомендаций по направленности (научной специальности)	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение методов планирования, подготовки и проведения НИР, анализа и обсуждения полученных данных	В целом успешное, но не систематическое применение методов планирования, подготовки, проведения НИР, анализа полученных данных	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение методов планирования, подготовки, проведения НИР, анализа полученных данных, формулировка выводов по результатам НИР	Успешное и систематическое применение методов планирования, подготовки и проведения НИР и анализа и обсуждения экспериментальных данных; формулировка выводов и рекомендаций по	Исследовательская практика, научные исследования	Отчеты по практике, научным исследованиям, научные доклады на конференциях, статьи

02.00.16 Меди- цинская химия Код В (ПК-15)-1					результатам НИР		
ВЛАДЕТЬ: навыками со- ставления и по- дачи конкурсных заявок на выпол- нение научно- исследователь- ских и проектных работ по направ- ленности подго- товки 02.00.16 Медицинская хи- мия Код: В (ПК-15)-2	Отсутст- вие навы- ков	Фрагментарное применение на- выков составле- ния и подачи кон- курсных заявок на выполнение науч- но- исследователь- ских и проектных работ по направ- ленности подго- товки	В целом успешное, но не системати- ческое примене- ние навыков со- ставления и пода- чи конкурсных заявок на выпол- нение научно- исследователь- ских и проектных работ по направ- ленности подго- товки	В целом успешное, но содержащее отдель- ные пробелы приме- нение навыков со- ставления и подачи конкурсных заявок на выполнение науч- но- исследовательских и проектных работ по направленности под- готовки	Успешное и сис- тематическое применение на- выков составле- ния и подачи кон- курсных заявок на выполнение науч- но- исследователь- ских и проектных работ по направ- ленности подго- товки	Исследова- тельная практика, на- учные иссле- дования	Отчеты по практике, на- учным иссле- дованиям, тексты заявок

ИТОГОВЫЙ КОНТРОЛЬ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИИ У ОБУЧАЮЩЕГОСЯ

Итоговый контроль сформированности компетенции –научный доклад об основных результатах подготовленной научно-квалификационной работы (диссертации)

Промежуточный контроль (отчеты о исследовательской практике и научным исследованиям) согласно учебному плану

КАРТА КОМПЕТЕНЦИИ ВЫПУСКНИКА ПРОГРАММЫ АСПИРАНТУРЫ МГУ

Код и название КОМПЕТЕНЦИИ:

ПК-16: способность к самостоятельному проведению научно-исследовательской работы и получению научных результатов, удовлетворяющих установленным требованиям к содержанию диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук по специальности 02.00.21 Химия твердого тела

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОМПЕТЕНЦИИ

Тип КОМПЕТЕНЦИИ:

Профессиональная компетенция выпускника программы аспирантуры по направлению подготовки 04.06.01 Химические науки.

ПОРОГОВЫЙ (ВХОДНОЙ) УРОВНЬ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ, ТРЕБУЕМЫЙ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ

Для того чтобы формирование данной компетенции было возможно, обучающийся, приступивший к освоению программы аспирантуры, должен:

- **ЗНАТЬ:** фундаментальные основы химии твердого тела, а также основные тенденции ее развития.
- **УМЕТЬ:** составлять отчёты о научно-исследовательской работе, включающие обзор литературы, экспериментальную часть и обсуждение результатов
- **ВЛАДЕТЬ:** базовыми теоретическими представлениями и методами исследований в химии твердого тела.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ (ПК-17) И КРИТЕРИИ ИХ ОЦЕНИВАНИЯ

Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения					Элемент (элементы) образовательной программы, формирующие результат обучения	Оценочные средства
	1	2	3	4	5		
ЗНАТЬ: современное состояние науки в области химии твердого тела Код 3 (ПК-16)-1	Отсутствие знаний	Фрагментарные представления о современном состоянии науки в области химии твердого тела	Неполные представления о современном состоянии науки в области химии твердого тела	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы, представления о современном состоянии науки в области химии твердого тела	Сформированные систематические представления о современном состоянии науки в области химии твердого тела	Дисциплины научной специальности	Экзамены и (или) зачеты по дисциплинам (оценочные средства: устные вопросы, письменная работа, собеседование и т.п.)
ЗНАТЬ: нормативные документы для составления заявок, грантов, проектов НИР Код 3 (ПК-16)-2	Отсутствие знаний	Фрагментарные представления о нормативных документах для составления заявок, грантов, проектов НИР	Неполные представления о нормативных документах для составления заявок, грантов, проектов НИР	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания нормативных документов для составления заявок, грантов, проектов НИР	Сформированные систематические знания нормативных документов для составления заявок, грантов, проектов НИР	Научные исследования	Отчеты о научных исследованиях
ЗНАТЬ: требования к содержанию и правила оформления рукописей к публикации в рецензируемых науч-	Отсутствие знаний	Фрагментарные представления о требованиях к содержанию и правилам оформления рукописей к публикации в ре-	Общие представления о требованиях к содержанию и правилам оформления рукописей к публикации в рецензируе-	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы представления о требованиях к содержанию и правилам оформления рукописей, нали-	Сформированные представления о требованиях к содержанию и правилам оформления рукописей, наличие неодно-	Исследовательская практика, научные исследования	Отчеты о научных исследованиях, практике, публикации

ных изданиях по химии твердого тела Код 3 (ПК-16)-3		цензурируемых научных изданиях по химии твердого тела	мых научных изданиях по химии твердого тела	чие однократного опыта публикаций в рецензурируемых научных изданиях по химии твердого тела	кратного опыта публикаций в рецензурируемых научных изданиях по химии твердого тела		
УМЕТЬ: представлять научные результаты по теме диссертационной работы в виде публикаций в рецензурируемых научных изданиях Код У(ПК-16)-1	Отсутствие умений	Фрагментарное использование методов подготовки научных результатов к публикации в рецензурируемых научных изданиях	В целом успешное, но не систематическое использование методов подготовки научных результатов к публикации в рецензурируемых научных изданиях	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы использование методов подготовки научных результатов к публикации в рецензурируемых научных изданиях	Сформированное умение использовать методов подготовки научных результатов к публикации в рецензурируемых научных изданиях	Исследовательская практика, научные исследования	Публикации
УМЕТЬ: готовить заявки на получение научных грантов и заключения контрактов по НИР в области химии твердого тела Код: У (ПК-16)-2	Отсутствие умений	Умение готовить отдельные материалы для заявки на получение научных грантов по поручению научного руководителя	В целом успешное, но не систематическое использование умения готовить заявки на получение научных грантов и заключения контрактов по НИР	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение готовить предложения по тематике и плану реализации исследовательских проектов, а также оформлять проект согласно установленным требованиям	Сформированное умение готовить предложения по тематике и плану реализации исследовательских проектов; обосновывать предложения с точки зрения реалистичности сроков, затрат и ресурсной обеспеченности; оформлять проект согласно установленным требованиям	Исследовательская практика, научные исследования	Отчеты по практике, научным исследованиям
УМЕТЬ: представлять ре-	Отсутствие умений	Умение представлять результаты	В целом успешное, умение представ-	Успешное умение представлять ре-	Сформированное умение представ-	Исследовательская	Отчеты по практике, на-

зультаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому и бизнес-сообществу Код: У (ПК-16)-3	ний	НИР узкому кругу специалистов	лять результаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому сообществу	зультаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому и бизнес-сообществу	лять результаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому и бизнес-сообществу; определять целевые группы и форматы продвижения результатов собственной научной деятельности	практика, научные исследования	учным исследованиям, научные доклады на конференциях научных семинарах и коллоквиумах, выставках по профилю подготовки
ВЛАДЕТЬ: методами планирования, подготовки, проведения НИР, анализа полученных данных, формулировки выводов и рекомендаций по направленности (научной специальности) 02.00.21 Химия твердого тела Код В (ПК-16)-1	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение методов планирования, подготовки и проведения НИР, анализа и обсуждения полученных данных	В целом успешное, но не систематическое применение методов планирования, подготовки, проведения НИР, анализа полученных данных	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение методов планирования, подготовки, проведения НИР, анализа полученных данных, формулировка выводов по результатам НИР	Успешное и систематическое применение методов планирования, подготовки и проведения НИР и анализа и обсуждения экспериментальных данных; формулировка выводов и рекомендаций по результатам НИР	Исследовательская практика, научные исследования	Отчеты по практике, научным исследованиям, научные доклады на конференциях, статьи
ВЛАДЕТЬ: навыками составления и подачи конкурсных заявок на выполнение научно-исследовательских и проектных работ по направ-	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение навыков составления и подачи конкурсных заявок на выполнение научно-исследовательских и проектных	В целом успешное, но не систематическое применение навыков составления и подачи конкурсных заявок на выполнение научно-исследователь-	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков составления и подачи конкурсных заявок на выполнение научно-исследовательских и	Успешное и систематическое применение навыков составления и подачи конкурсных заявок на выполнение научно-исследователь-	Исследовательская практика, научные исследования	Отчеты по практике, научным исследованиям, тексты заявок

ленности подго- товки 02.00.21 Химия твердого тела Код: В (ПК-16)-2		работ по направ- ленности подго- товки	ских и проектных работ по направ- ленности подго- товки	проектных работ по направленности под- готовки	ских и проектных работ по направ- ленности подго- товки		

ИТОГОВЫЙ КОНТРОЛЬ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИИ У ОБУЧАЮЩЕГОСЯ

Итоговый контроль сформированности компетенции –научный доклад об основных результатах подготовленной научно-квалификационной работы (диссертации)

Промежуточный контроль (отчеты о исследовательской практике и научным исследованиям) согласно учебному плану

КАРТА КОМПЕТЕНЦИИ ВЫПУСКНИКА ПРОГРАММЫ АСПИРАНТУРЫ МГУ

Код и название КОМПЕТЕНЦИИ:

ПК-17: способность к самостоятельному проведению научно-исследовательской работы и получению научных результатов, удовлетворяющих установленным требованиям к содержанию диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук по специальности 03.01.06 Биотехнология (в том числе бионанотехнологии)

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОМПЕТЕНЦИИ

Тип КОМПЕТЕНЦИИ:

Профессиональная компетенция выпускника программы аспирантуры по направлению подготовки 04.06.01 Химические науки.

ПОРОГОВЫЙ (ВХОДНОЙ) УРОВНЬ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ, ТРЕБУЕМЫЙ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ

Для того чтобы формирование данной компетенции было возможно, обучающийся, приступивший к освоению программы аспирантуры, должен:

- ЗНАТЬ: фундаментальные основы биотехнологии, а также основные тенденции ее развития.
- УМЕТЬ: составлять отчёты о научно-исследовательской работе, включающие обзор литературы, экспериментальную часть и обсуждение результатов
- ВЛАДЕТЬ: базовыми теоретическими представлениями и методами исследований в био- и бионанотехнологии.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ (ПК-17) И КРИТЕРИИ ИХ ОЦЕНИВАНИЯ

Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения					Элемент (элементы) образовательной программы, формирующие результат обучения	Оценочные средства
	1	2	3	4	5		
ЗНАТЬ: современное состояние науки в области биотехнологии Код 3 (ПК-17)-1	Отсутствие знаний	Фрагментарные представления о современном состоянии науки в области биотехнологии	Неполные представления о современном состоянии науки в области биотехнологии	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы, представления о современном состоянии науки в области биотехнологии	Сформированные систематические представления о современном состоянии науки в области биотехнологии	Дисциплины научной специальности	Экзамены и (или) зачеты по дисциплинам (оценочные средства: устные вопросы, письменная работа, собеседование и т.п.)
ЗНАТЬ: нормативные до-	Отсутствие зна-	Фрагментарные представления о	Неполные пред-	Сформированные, но	Сформированные	Научные ис-	Отчеты о на-

кументы для составления заявок, грантов, проектов НИР Код 3 (ПК-17)-2	ний	нормативных документов для составления заявок, грантов, проектов НИР	мативных документов для составления заявок, грантов, проектов НИР	ные пробелы знания нормативных документов для составления заявок, грантов, проектов НИР	знания нормативных документов для составления заявок, грантов, проектов НИР		дованиях
ЗНАТЬ: требования к содержанию и правилам оформления рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях по биотехнологии Код 3 (ПК-17)-3	Отсутствие знаний	Фрагментарные представления о требованиях к содержанию и правилам оформления рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях по биотехнологии	Общие представления о требованиях к содержанию и правилам оформления рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях по биотехнологии	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы представления о требованиях к содержанию и правилам оформления рукописей, наличие однократного опыта публикаций в рецензируемых научных изданиях по биотехнологии	Сформированные представления о требованиях к содержанию и правилам оформления рукописей, наличие неоднократного опыта публикаций в рецензируемых научных изданиях по биотехнологии	Исследовательская практика, научные исследования	Отчеты о научных исследованиях, практике, публикации
УМЕТЬ: представлять научные результаты по теме диссертационной работы в виде публикаций в рецензируемых научных изданиях Код У(ПК-17)-1	Отсутствие умений	Фрагментарное использование методов подготовки научных результатов к публикации в рецензируемых научных изданиях	В целом успешное, но не систематическое использование методов подготовки научных результатов к публикации в рецензируемых научных изданиях	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы использование методов подготовки научных результатов к публикации в рецензируемых научных изданиях	Сформированное умение использовать методы подготовки научных результатов к публикации в рецензируемых научных изданиях	Исследовательская практика, научные исследования	Публикации
УМЕТЬ: готовить заявки на получение научных грантов и заключения контрактов по НИР в области биотехнологии	Отсутствие умений	Умение готовить отдельные материалы для заявки на получение научных грантов по поручению научного руководителя	В целом успешное, но не систематическое использование умения готовить заявки на получение научных грантов и заключения кон-	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение готовить предложения по тематике и плану реализации исследовательских проектов, а также	Сформированное умение готовить предложения по тематике и плану реализации исследовательских проектов; обосновывать предложе-	Исследовательская практика, научные исследования	Отчеты по практике, научным исследованиям

Код: У (ПК-17)-2			трактов по НИР	оформлять проект согласно установленным требованиям	ния с точки зрения реалистичности сроков, затрат и ресурсной обеспеченности; оформлять проект согласно установленным требованиям		
УМЕТЬ: представлять результаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому и бизнес-сообществу Код: У (ПК-17)-3	Отсутствие умений	Умение представлять результаты НИР узкому кругу специалистов	В целом успешное, умение представлять результаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому сообществу	Успешное умение представлять результаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому и бизнес-сообществу	Сформированное умение представлять результаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому и бизнес-сообществу; определять целевые группы и форматы продвижения результатов собственной научной деятельности	Исследовательская практика, научные исследования	Отчеты по практике, научным исследованиям, научные доклады на конференциях научных семинарах и коллоквиумах, выставках по профилю подготовки
ВЛАДЕТЬ: методами планирования, подготовки, проведения НИР, анализа полученных данных, формулировки выводов и рекомендаций по направленности (научной специальности) 03.01.06 Биотех-	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение методов планирования, подготовки и проведения НИР, анализа и обсуждения полученных данных	В целом успешное, но не систематическое применение методов планирования, подготовки, проведения НИР, анализа полученных данных	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение методов планирования, подготовки, проведения НИР, анализа полученных данных, формулировка выводов по результатам НИР	Успешное и систематическое применение методов планирования, подготовки и проведения НИР и анализа и обсуждения экспериментальных данных; формулировка выводов и рекомендаций по результатам НИР	Исследовательская практика, научные исследования	Отчеты по практике, научным исследованиям, научные доклады на конференциях, статьи

нология (в том числе бионанотехнологии) Код В (ПК-17)-1							
ВЛАДЕТЬ: навыками составления и подачи конкурсных заявок на выполнение научно-исследовательских и проектных работ по направленности подготовки 03.01.06 Биотехнология (в том числе бионанотехнологии) Код: В (ПК-17)-2	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение навыков составления и подачи конкурсных заявок на выполнение научно-исследовательских и проектных работ по направленности подготовки	В целом успешное, но не систематическое применение навыков составления и подачи конкурсных заявок на выполнение научно-исследовательских и проектных работ по направленности подготовки	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков составления и подачи конкурсных заявок на выполнение научно-исследовательских и проектных работ по направленности подготовки	Успешное и систематическое применение навыков составления и подачи конкурсных заявок на выполнение научно-исследовательских и проектных работ по направленности подготовки	Исследовательская практика, научные исследования	Отчеты по практике, научным исследованиям, тексты заявок

ИТОГОВЫЙ КОНТРОЛЬ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИИ У ОБУЧАЮЩЕГОСЯ

Итоговый контроль сформированности компетенции – научный доклад об основных результатах подготовленной научно-квалификационной работы (диссертации)

Промежуточный контроль (отчеты о исследовательской практике и научным исследованиям) согласно учебному плану

