

*Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования «Российский университет дружбы народов»*

*Факультет физико-математических и естественных наук*

Рекомендовано МССН  
по направлению 04.00.00 «Химия»

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Наименование дисциплины**

**ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ**

**Рекомендуется для направления подготовки/специальности**

**04.04.01 "ХИМИЯ"**

**Направленность программы (профиль)**

**«ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ И ПРИКЛАДНАЯ ХИМИЯ»**

**1. Цели и задачи дисциплины:** Основной целью изучения основ физико-химического анализа в университетах является развитие научного мировоззрения, совершенствование навыков установления связей «состав - свойство» в применении к сложным химическим системам, приобретение экспериментальных навыков изучения химических систем современными методами. Главными задачами курса являются: освоение теоретических основ, принципов физико-химического анализа на примере изучения основных типов диаграмм состояния одно- и многокомпонентных систем с различными свойствами, как исходных компонентов, так и веществ образующихся в системах; овладение методиками получения и анализа экспериментальных данных для изучения и построения диаграмм состояния различных систем, приобретение навыков практической работы с такими системами, как в лаборатории, так и в технологических условиях.

**2. Место дисциплины в структуре ОП ВО:** Дисциплина «Физико-химический анализ» относится к вариативной части блока 1 (Модуль 1 «Неорганическая химия») учебного плана по направлению 04.04.01. Для успешного освоения дисциплины учащийся магистратуры обязан иметь базовые знания на уровне бакалавра.

В таблице № 1 приведены предшествующие и последующие дисциплины, направленные на формирование компетенций дисциплины в соответствии с матрицей компетенций ОП ВО.

Таблица № 1

**Предшествующие и последующие дисциплины, направленные на формирование компетенций**

№ п/п	Шифр и наименование компетенции	Предшествующие дисциплины	Последующие дисциплины
<b>Универсальные компетенции</b>			
УК-6	Способен определить и реализовать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки	Актуальные задачи современной химии Спектральные методы в неорганической химии Химия координационных соединений Резонансные методы в химии Электрохимические методы исследования Рентгendifракционные методы в неорганической химии Физические методы исследования веществ и материалов НИР Экспериментальные методы исследования в химии	Актуальные задачи современной химии Применение ПО в неорганическом эксперименте Термоаналитические методы в химии Химия твердого тела Бионеорганическая химия НИР Преддипломная практика Экспериментальные методы исследования в химии
<b>Профессиональные компетенции</b>			
М-ПК-1-н	Способен планировать работу и выбирать адекватные методы решения научно-исследовательских задач в выбранной области химии, химической технологии или смежных с химией науках	Спектральные методы в неорганической химии Химия координационных соединений Резонансные методы в химии Электрохимические методы исследования Рентгendifракционные методы в неорганической химии Физические методы исследования веществ и материалов НИР Экспериментальные методы исследования в химии	Применение ПО в неорганическом эксперименте Термоаналитические методы в химии Химия твердого тела Бионеорганическая химия НИР Преддипломная практика Экспериментальные методы исследования в химии

М-ПК-2-н Способен проводить патентно-информационные исследования в выбранной области химии и/или смежных наук	Спектральные методы в неорганической химии Химия координационных соединений Резонансные методы в химии Электрохимические методы исследования Рентгendifракционные методы в неорганической химии Физические методы исследования веществ и материалов НИР Экспериментальные методы исследования в химии	Применение ПО в неорганическом эксперименте Термоаналитические методы в химии Химия твердого тела Бионеорганическая химия НИР Преддипломная практика Экспериментальные методы исследования в химии
---	--	--

### 3. Требования к результатам освоения дисциплины:

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

#### Формируемые компетенции

Компетенции	Название компетенции	Составляющие компетенции
УК-6	Способен определить и реализовать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки	УК-6.1. Оценивает свои ресурсы и их пределы (личностные, ситуативные, временные), оптимально их использует для успешного выполнения порученного задания. УК-6.2. Определяет приоритеты профессионального роста и способы совершенствования собственной деятельности на основе самооценки по выбранным критериям; УК-6.3. Выстраивает гибкую профессиональную траекторию, используя инструменты непрерывного образования, с учетом накопленного опыта профессиональной деятельности и динамично изменяющихся требований рынка труда
М-ПК-1-н	Способен планировать работу и выбирать адекватные методы решения научно-исследовательских задач в выбранной области химии, химической технологии или смежных с химией науках	М-ПК-1-н-1. Составляет общий план исследования и детальные планы отдельных стадий, М-ПК-1-н-2. Выбирает экспериментальные и расчетно-теоретические методы решения поставленной задачи исходя из имеющихся материальных и временных ресурсов
М-ПК-2-н	Способен проводить патентно-информационные исследования в выбранной области химии и/или смежных наук	М-ПК-2-н-1. Проводит поиск специализированной информации в патентно-информационных базах данных М-ПК-2-н-2. Анализирует и обобщает результаты патентного поиска по тематике проекта в выбранной области химии (химической технологии)

В результате изучения дисциплины студент должен:

**Знать:** теоретические основы и современные подходы к решению вопросов в физико-химическом анализе; основные методы построения диаграмм состояния «состав - свойство» для различных физико-химических систем; практическое значение построения диаграмм состояния для современной науки и техники; практические подходы к реализации задач физико-химического анализа в лабораторных и технологических условиях.

**Уметь:** извлекать информацию и проводить систематический анализ состояния физико-химических систем на основании диаграмм состояния «состав - свойство»; составлять диаграммы состояния на основании полученных экспериментальных и теоретических данных; прогнозировать состояние простых физико-химических систем, исходя из известных теоретических/экспериментальных данных; критически оценивать возможность использования полученных результатов в науке и технике.

**Владеть:** основными методиками исследования состояния физико-химических систем в различных условиях; методами накопления и первичной обработки экспериментальных данных; способами представления экспериментальных результатов; методами вторичной обработки экспериментальных результатов с целью получения практически значимых характеристик состояния физико-химической системы; навыками практической работы в этой области химии, как в лабораторных, так и технологических условиях.

#### 4. Объём дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет **3** зачетных единиц.

Вид учебной работы	Всего часов	Модули			
		4			
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	<b>48</b>	48			
В том числе:					
Лекции	<b>24</b>	24			
Практические занятия (ПЗ)					
Семинары (С)					
Лабораторные работы (ЛР)	<b>24</b>	24			
<b>Самостоятельная работа (всего)</b>	<b>60</b>	60			
Общая трудоемкость	час	<b>108</b>	108		
	зач. ед.	<b>3</b>	<b>3</b>		

#### 5. Содержание дисциплины

##### 5.1. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела
<b>1.</b>	Введение	<b>1.1.</b> Физико-химический подход к изучению химических систем. Зависимости состав – свойство, состав – температура фазовых превращений. Принципы физико-химического анализа: свободы выбора, соответствия, непрерывности изменения свойств. Равновесные и неравновесные состояния системы. Развитие физико-химического анализа, его значение для практики и современное состояние.
<b>2.</b>	Однокомпонентные системы	<b>2.1.</b> Диаграммы состояния типа серы и воды. Термодинамическое описание кривых испарения, возгонки, плавления. Тройная точка. Полиморфизм, энантиотропия, монотропия. Правило фаз Гиббса. Применение правила фаз к однокомпонентным системам. Температуры плавления стабильных и метастабильных фаз.

		<p>Формула Клапейрона-Клаузиуса. Уравнение Вант-Гоффа для переходов газ – твердое тело. Критическая точка типа жидкость-пар. Правило фаз и поведение изохор на Т-Р диаграммах веществ с положительным и отрицательным объемным эффектом плавления. Приведённое уравнение Ван-дер-Ваальса, правило Максвелла, закон соответственных состояний.</p>
3.	Двухкомпонентные системы	<p><b>3.1.</b> Диаграммы эвтектического типа с ограниченной растворимостью на основе исходных компонентов. Метрические характеристики фазовых диаграмм и их классификация на основе правила фаз Гиббса. Точки невариантных равновесий, линии моновариантных равновесий, поля бивариантных равновесий. Условия равновесия двух фаз, метод общей касательной. Правило рычага.</p> <p>Критическая температура растворимости. Законы Коновалова. Энтальпия и энтропия смешения. Анализ возможных типов диаграмм состояния исходя из взаимного расположения кривых свободной энергии фаз. Пути конденсации и кристаллизации.</p> <p>Системы с неограниченной растворимостью компонентов. Диаграммы типа «сигары». Расслоение растворов. Связь критической температуры расслоения с энергией смешения. Пересечение линии испарения с линией критических точек, ретроградная конденсация. Слабые растворы. Фазовые границы вблизи чистого вещества.</p> <p><b>3.2.</b> Бертоллиды, дальтониды, твердые растворы. Характерные признаки дальтонилов и бертоллидов. Сингулярные точки. Сингулярность в зависимости свойств от состава у дальтонилов. Виды бертоллидов. Структурные особенности бертоллидов, правильная система точек. Реальные и мнимые соединения. Генеалогическое родство дальтонилов и бертоллидов. Примеры систем с дальтонидами и бертоллидами.</p> <p>Полиморфизм. Примеры полиморфных превращений. Двойные системы эвтектического типа с полиморфными превращениями компонентов. Основные типы диаграмм систем с различной кристаллической структурой компонентов, промежуточными соединениями и полиморфными модификациями: эвтектические, перитектические, монотектические, синтектические, метатектические, диаграммы с ретроградным плавлением.</p> <p><b>3.3.</b> Системы с псевдокомпонентами (внутренними параметрами). Изоморфные превращения в системах с переменной валентностью. Превращения между аморфными фазами.</p>
4.	Экспериментальные методы построения фазовых диаграмм	<p><b>4.1.</b> Термический и дифференциально-термический методы анализа, микроструктурный анализ, рентгенофазовый анализ. Виды термограмм, дифрактограмм, микроструктуры для систем эвтектического типа с полиморфным превращением компонента, с образованием неограниченных твердых растворов, диаграмм состояния с ограниченными твердыми растворами эвтектического и перитектического типов.</p>
5.	Трехкомпонентные системы	<p><b>5.1.</b> Метод изображения состава: треугольник Розебома, отношение высот. Метод «остатков» Скрейнемакерса. Правила рычага для концентрационного треугольника Гиббса (I и II правило Свенсона, правила касательной и секущей). Тройная диаграмма состояния эвтектического типа. Пространственные и плоскостные диаграммы</p>

		<p>системы. Построение полей кристаллизации методом изотермических сечений. Поля первичной кристаллизации индивидуальных компонентов, совместной кристаллизации двух компонентов, плоскость тройной эвтектики. Изменение вида элементов двойных систем при переходе в тройную систему. Применение правила фаз Гиббса к тройным системам.</p> <p><b>5.2.</b> Тройные системы с образующимся химическим соединением. Триангуляция. Симплексные треугольники. Квазибинарные разрезы. Теорема Райнза. Построение конод. Правило креста. Простейшие типы диаграмм состояния: система с непрерывными жидкими и твердыми растворами, с бинодальной поверхностью, с моновариантным эвтектическим равновесием, с моновариантным перитектическим равновесием, с инвариантным эвтектическим равновесием.</p> <p><b>5.3.</b> Системы без твёрдых растворов. Теорема Алкемаде. Проекция диаграмм. Свойства треугольников Алкемаде. Основные типы диаграмм состояния, пути кристаллизации, изотермические сечения: система с одной тройной эвтектикой, с одной тройной перитектикой, с двойной и тройной перитектикой, с двойным соединением, имеющим только тройное поле кристаллизации.</p>
<b>6.</b>	Четырёх-компонентные системы	<p><b>6.1.</b> Диаграммы состояния четырёхкомпонентных систем. Особые сечения и проекции концентрационного тетраэдра. Изотермические тетраэдры. Пример системы с неограниченной растворимостью компонентов в жидком и твердом состоянии – изотермические сечения и пути кристаллизации. Теорема Палатника о соприкосновении областей состояния и ее применение к двух- и трехмерным сечениям диаграмм. Геометрические образы равновесий различного числа фаз. Правило Палатника для критических элементов фазовых диаграмм.</p>

## 5.2. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекц.	Практ. зан.	Лаб. зан.	Семинар	СРС	Всего час.
1.	Введение	2				1	3
2.	Однокомпонентные системы	4				9	13
3.	Двухкомпонентные системы	6		6		14	26
4.	Экспериментальные методы построения фазовых диаграмм	4		6		9	19
5.	Трёхкомпонентные системы	6		12		14	32
6.	Четырёхкомпонентные системы	2				13	15
	Всего	24		24		60	108

## 6. Лабораторный практикум

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Трудоёмкость (час.)

1.	3	Построение диаграммы плавкости двухкомпонентной системы с эвтектикой	6
2.	4	Использование методов дифференциально-термического, кристаллооптического и рентгенофазового анализов для построения диаграммы состояния двухкомпонентной системы	6
3.	5	Построение диаграммы растворимости тройной водно-солевой системы по методам Скрейнемакерса и Гиббса-Розебома	12
	Всего		24

**7. Практические занятия (семинары) не предусмотрены программой.**

**8. Материально-техническое обеспечение дисциплины:**

1. ЛАТРы
2. Высокотемпературные муфельные электропечи СНОЛ-13
3. Химическая посуда
4. Стандартные термпары типа «ХА»
5. Термоанализатор SDT Q600
6. Дифрактометр рентгеновский ДРОН-7
7. Магнитные мешалки
8. Просвечивающий микроскоп
9. Персональный компьютер

**9. Информационное обеспечение дисциплины**

а) программное обеспечение

программный пакет Microsoft Office (Word, Excel, Power Point)

б) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы (*открытый доступ*):

- Интерактивный дополнительный сетевой справочный курс для самостоятельной работы по теме "Фазовые диаграммы" (<http://www.soton.ac.uk/~pasr1/index.htm> )
- Сетевая база данных и пособие по анализу химической термодинамики **F\*A\*C\*T** ([http://www.crct.polymtl.ca/factsage/index\\_m.php](http://www.crct.polymtl.ca/factsage/index_m.php) )  
(<http://www.crct.polymtl.ca/fact/download.php> )
- Сетевые библиотеки:
  1. Большая Научная Библиотека (<http://sci-lib.com/> )
  2. Каталог химических ресурсов на CHEMPORT.RU ([http://www.chemport.ru/catalog\\_tree.php](http://www.chemport.ru/catalog_tree.php) )
  3. Сайт о химии (<http://www.xumuk.ru/> )
  4. Список библиотек (доступ с ПК РУДН) (<http://www.rad.pfu.edu.ru/licenzirovannye-resursy/tehnicheskie-i-estestvennye-nauki> )
  5. Электронная библиотека РФФИ (<http://www.elibrary.ru>)

## 10. Учебно-методическое обеспечение дисциплины:

а) основная литература:

1. Аносов В.Я., Озерова М.И., Фиалков Ю.Я. «Основы физико-химического анализа» // М.: Наука.- 1976 (1978). 504 с.
2. Т.Г. Баличева Физические методы исследования неорганических веществ. Учебное пособие для вузов. Под ред. А.Б.Никольского.// М. : Академия. 2006. 448 с.
3. Практическое руководство по физико-химическим методам анализа. Учебное пособие. Под ред. И.П. Алимариной, В.М. Иванова.//М.: Изд-во МГУ. 1987. 204 с.

б) дополнительная литература:

1. Аносов В.Я., Погодин С.А. Основные начала физико-химического анализа// Л.: Изд-во АН СССР. 1947. 876 с.
2. Ландау Л. Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика. Учебное пособие для вузов: В 10-ти т. Т. 5, Ч.1 : Статистическая физика. Под ред. Л.П.Питаевского. - 5-е изд., стереотип. // М. : Физматлит, 2001. - 616 с.
3. В.П. Древинг, Я.А. Калашников. Правило фаз с изложением основ термодинамики. 2-е изд., перераб. и доп. // М.: Изд-во МГУ. 1964. 455 с.
4. Диаграммы состояния систем тугоплавких оксидов: Справочник. Вып. 5. Ч. 2-4. Двойные системы. Отв. ред. Ф.Я. Галахов. // Л. : Наука. 1986, 1987,1988.

## 11. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

При изучении дисциплины «Физико-химический анализ» предполагается посещение студентами лекций, выполнение расчётно-графических и лабораторных работ, написание тестов. В конце семестра проводится промежуточный контроль в виде письменного экзамена.

Самостоятельная работа студентов включает в себя подготовку к этим видам работ и контроля.

### *Подготовка и выполнение лабораторных (расчётно-графических) работ*

При выполнении лабораторных и расчётно-графических работ предварительно необходимо изучить соответствующие теоретические разделы лекционного курса «Физико-химический анализ». После получения конкретного задания следует провести необходимые предварительные расчёты. Изучить известную научную литературу, а также, пользуясь информационно-справочными и поисковыми системами, подготовиться к выполнению лабораторного (расчётно-графического задания). Далее составить план работ по выполнению задания. Выполнить лабораторную (расчётно-графическую) работу и представить её результаты в форме подробного отчёта.

### *Оформление отчёта о выполнении лабораторной (расчётно-графической) работы*

В отчёте должна быть подробно представлена подготовительная и экспериментальная работа студента.

Отчёт должен содержать следующие сведения:

- реферативные литературные данные и данные информационных источников по теме задания;
- расчёты, необходимые для проведения работы;
- план выполнения работы;
- подробное описание хода выполнения работы, с результатами промежуточных анализов;
- графическое представление результатов выполнения работы с аргументированными выводами из проделанной работы.

При оценке выполнения лабораторной (расчётно-графической) работы учитывается качество выполнения экспериментальной работы, уровень компетентности студента в решении задач поставленных в задании и обоснованность и полнота сделанных выводов по результатам выполнения работы.



**Подготовка к решению тестов и прохождению промежуточной аттестации (экзамена).**

При подготовке к решению тестов, а также прохождению промежуточной аттестации, студенты могут пользоваться лекционным материалом, основной и дополнительной литературой, а также рекомендуемыми информационными источниками. Для самоконтроля в процессе подготовки студент может использовать как предложенные вопросы по темам лекций, так и стандартные тесты, представленные в рекомендуемых интерактивных курсах.

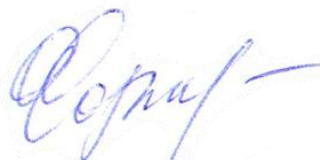
При оценивании тестовых заданий учитывается количество правильных ответов. Оценка экзаменационного ответа подразумевает полноту ознакомления студента с теоретическим материалом по заданному вопросу и аргументированность ответа студента.

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

Материалы для оценки уровня освоения учебного материала дисциплины «Физико-химический анализ» (оценочные материалы), включающие в себя перечень компетенций с указанием этапов их формирования, описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания, типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций, разработаны в полном объеме и доступны для обучающихся на странице дисциплины в ТУИС РУДН.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ВО РУДН.

**Разработчики:**



Доцент кафедры неорганической химии

Фортальнова Е.А.

**Руководитель программы**  
профессор,  
кафедры органической химии



Варламов А. В.

**Заведующий кафедрой**  
**неорганической химии**



Хрусталеv В.Н.