



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ**

**Институт физической химии и электрохимии  
им. А.Н. Фрумкина Российской академии наук  
(ИФХЭ РАН)**

**Рабочая программа дисциплины**

**Химическая термодинамика**

по направлению подготовки 04.06.01 Химические науки (уровень подготовки  
кадров высшей квалификации)

Специальность 02.00.04- Физическая химия

Москва

2014 год

## **1. Цели и задачи освоения дисциплины**

Цели дисциплины Подготовить аспирантов и специалистов – физико-химиков к научно-исследовательской деятельности, связанной с разработкой и применением методов термодинамического анализа в различных областях материаловедения и физической химии.

Задачи дисциплины: Создание углубленного представления о термодинамике и ее месте среди других химических наук, в материаловедении и в химической промышленности. Освоение теоретических основ химической термодинамики. Формирование глубокого понимания общих закономерностей, описывающих изменение термодинамических функций в химических реакциях и физикохимических процессах. Обучение навыкам теоретического анализа результатов экспериментальных исследований в области химической термодинамики, методам планирования экспериментов и обработки их результатов, систематизирования и обобщения как уже имеющейся в литературе, так и самостоятельно полученной в ходе исследований информации.

## **2. Место дисциплины в структуре ООП**

Дисциплина «Химическая термодинамика» относится к группе специальных дисциплин отрасли науки «Химические науки» и научной специальности «Физическая химия».

Настоящая дисциплина «Химическая термодинамика» - модуль основной профессиональной образовательной программы высшего образования – программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по специальности 02.00.04- физическая химия.

Обучающийся по данной дисциплине должен иметь фундаментальные представления по физической химии. Для изучения данной дисциплины необходимо высшее образование с освоением курса физической химии для химических специальностей.

## **3 Требования к результатам освоения дисциплины**

В рамках данной дисциплины углубляются и развиваются следующие компетенции:

а) универсальные компетенции: 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 языках (УК-4); способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития (УК-5).

б) общепрофессиональные компетенции: способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий (ОПК-1); готовность организовать работу исследовательского коллектива в области химии и смежных наук (ОПК-2); готовность к преподавательской деятельности по основным образовательным программам высшего образования (ОПК-3).

в) общекультурные компетенции: способность и готовность совершенствовать и развивать свой интеллектуальный и общекультурный уровень, получать знания в области современных проблем науки, техники и технологии, гуманитарных, социальных и экономических наук (ОК-1); способность к профессиональному росту, самостоятельному освоению новых методов, к изменению научного и научно-производственного профиля своей профессиональной деятельности (ОК-2); способность определять и анализировать проблемы, планировать стратегию их решения (ОК-14); способность самостоятельно применять методы и средства познания, обучения и самоконтроля для приобретения новых знаний и умений, в том числе в новых областях, непосредственно не связанных со сферой деятельности (ОК-15);

г) профессиональные компетенции: - понимание сущности и социальной значимости профессии, основных перспектив и проблем, определяющих конкретную область деятельности (ПК-1); понимание роли естественных наук (химии в том числе) в выработке научного мировоззрения (ПК-2); способность использовать в познавательной и профессиональной деятельности базовые знания в области математики и естественных наук

(ПК-3); умение использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования (ПК-4); знание основных этапов и закономерностей развития химической науки, наличие представлений о системе фундаментальных химических понятий и методологических аспектов химии, форм и методов научного познания, их роли в общеобразовательной профессиональной подготовке химиков (ПК-5); умение ориентироваться в создающихся условиях производственной деятельности и к адаптации в новых условиях с использованием основных законов естественнонаучных дисциплин (ПК-6); понимание необходимости и способность приобретать новые знания с использованием современных научных методов и владением ими на уровне, необходимом для решения задач, имеющих естественнонаучное содержание и возникающих при выполнении профессиональных функций (ПК-7); понимание проблем организации и управления деятельностью научных коллективов (ПК-8); понимание принципов работы и умение работать на современной научной аппаратуре при проведении научных исследований (ПК-9); владение современными компьютерными технологиями, применяемыми при обработке результатов научных экспериментов и сборе, обработке, хранении и передаче информации при проведении самостоятельных научных исследований, свободное владение ими при проведении самостоятельных научных исследований (ПК-10); знание основ теории фундаментальных разделов физической химии (ПК-11); умение применять основные законы химии при обсуждении полученных результатов, в том числе с привлечением информационных баз данных (ПК-12); владение навыками химического эксперимента, основными синтетическими и аналитическими методами получения и исследования химических веществ и реакций (ПК-13); владение методами регистрации и обработки результатов химических экспериментов (ПК-14); понимание необходимости безопасного обращения с химическими материалами с учетом их физических и химических свойств, способность проводить оценку возможных рисков (ПК-15); способность на научной основе организовать свой труд, самостоятельно оценить результаты своей деятельности, владение навыками самостоятельной работы, в том числе в сфере проведения научных исследований (ПК-16); умение анализировать научную литературу с целью выбора направления и методов, применяемых в исследовании, способность самостоятельно составлять план исследования (ПК-17); способность анализировать полученные результаты, делать необходимые выводы и формулировать предложения (ПК-18); наличие опыта

профессионального участия в научных дискуссиях, умение представлять полученные в исследованиях результаты в виде отчетов и научных публикаций (стендовые доклады, рефераты и статьи в периодической научной печати) (ПК-19); способность определять и анализировать проблемы, планировать стратегию их решения (ПК-20); владение основами делового общения, наличие навыков межличностных отношений и способность работать в научном коллективе (ПК-21); владение базовыми понятиями экологической химии, способность оценивать экологические риски производств и применять принципы зеленой химии при разработке химических реакций и технологических производств (ПК-222).

#### 4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы (144 часа).

##### 4.1 Структура дисциплины

№ п/п	Наименование дисциплины	Объем учебной работы (в часах)						Вид итогового контроля	
		Всего	Всего аудит.	Из аудиторных					Сам. работа
				Лекц.	Лаб.	Прак.	КСР.		
1	Химическая термодинамика.	144	108	36		72		36	зачет

##### 4.2 Содержание дисциплины

###### 4.2.1 Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Виды учебной работы, и трудоемкость (в часах)				Самостоятельная работа
		Лек.	Лаб.	Пр.	КСР	
1	Строение вещества	12		12		8
2	Основные понятия и законы термодинамики	8		28		12
3	Статистическая термодинамика	12		28		12
4	Электрохимические процессы	4		4		4

#### 4.2.2 Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (темы)	Форма проведения занятий
1	<b>Строение вещества</b>	1. Основы классической теории химического строения. 2. Физические основы учения о строении молекул. 3. Симметрия молекулярных систем. 4. Электрические и магнитные свойства. 5. Межмолекулярные взаимодействия. 6. Строение конденсированных фаз. 7. Поверхность конденсированных фаз.	Лекции, семинары, практические работы
2	<b>Основные понятия и законы термодинамики</b>	1. Основные понятия термодинамики. 2. Общие законы термодинамики. 3. Химическое равновесие.	Лекции, семинары, практические работы
3	<b>Статистическая термодинамика</b>	1. Статистические распределения. 2. Статистическая термодинамика реальных систем. 3. Элементы термодинамики необратимых процессов. 4. Растворы. 5. Фазовые равновесия.	Лекции, семинары, практические работы
4	<b>Электрохимические процессы</b>	1. Растворы электролитов. 2. Электрохимические равновесия.	Лекции, семинары, практические работы.

#### 5. Образовательные технологии

1. Активные образовательные технологии: лекции, семинары и практические работы.
2. Сопровождение лекций визуальным материалом в виде слайдов, подготовленных с использованием современных компьютерных технологий (программный пакет презентаций Microsoft Office Powerpoint), проецируемых на экран с помощью видеопроектора, а также результатов компьютерного моделирования физикохимических процессов.
3. Проведение практических работ в научной лаборатории, участие обучающихся в научной работе и выполнении исследовательских проектов.
4. Использование специального программного обеспечения и интернет-ресурсов для обучения в ходе практических и самостоятельных работ.

## **6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы аспирантов. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.**

Виды самостоятельной работы: в домашних условиях, в читальном зале библиотеки, на компьютерах с доступом к базам данных и ресурсам Интернет, в лабораториях с доступом к лабораторному оборудованию и приборам.

Самостоятельная работа подкрепляется учебно-методическим и информационным обеспечением, включающим учебники, учебно-методические пособия, конспекты лекций, учебное и научное программное обеспечение, ресурсы Интернет.

**Форма контроля знаний – зачет** в конце курса, включающий теоретические вопросы и задачу.

**Контрольные вопросы к зачету:**

### **Строение вещества**

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

*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 Шредингера 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. Ее 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.

*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, s - и p - орбитали. p -Электронное приближение. Влияние симметрии равновесной конфигурации ядер на свойства молекул и их динамическое поведение. Орбитальные корреляционные диаграммы. Сохранение орбитальной симметрии при химических реакциях.

*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.

*Межмолекулярные взаимодействия.* Основные составляющие межмолекулярных взаимодействий. Молекулярные комплексы. Ван-дер-ваальсовы молекулы. Кластеры атомов и молекул. Водородная связь. Супермолекулы и супрамолекулярная химия. Строение молекул простых и координационных неорганических соединений. Полиядерные комплексные соединения. Строение основных типов органических и элементоорганических соединений. Соединения включения. Полимеры и биополимеры.

*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-усредненная 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.).

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

### **Основные понятия и законы термодинамики**

*Основные понятия термодинамики.* Изолированные и открытые системы, равновесные и неравновесные системы, термодинамические переменные, интенсивные и экстенсивные переменные. Уравнения состояния. Теорема о соответственных состояниях. Вириальные уравнения состояния.

*Общие законы термодинамики.* 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 Кирхгофа. Таблицы стандартных термодинамических величин и их использование в термодинамических расчетах. Второй закон термодинамики. Энтропия и ее 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.

*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 ее использование для расчетов химических равновесий. Равновесие в поле внешних сил. Полные потенциалы.

## Статистическая термодинамика

*Статистические распределения.* Микро- и макросостояния химических систем. Фазовые  $G$  - и  $m$  -пространства. Эргодическая гипотеза. Термодинамическая вероятность и ее 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, теплоемкости 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.* 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 ее описание в неравновесной термодинамике. Уравнение Чепмена – Энскога.

*Растворы.* 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 молярные 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.

*Фазовые равновесия.* 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.

#### **4. Электрохимические процессы**

*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.

*Электрохимические равновесия.* Условия электрохимического равновесия на границе раздела фаз и в электрохимической цепи. Термодинамика гальванического элемента. Электродвижущая сила, ее 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.

#### **7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

Рекомендуемая литература

а) основная литература:

1. Пригожин И., Дефей Р. Химическая термодинамика. / пер. с англ. И. А. Успенской, В. А. Ивановой, под ред.: В. А. Михайлова. – 2-е изд., стер. – М: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. – 533 с.
2. Эткинс П., де Паула Дж. Физическая химия: в 3 ч. Ч. 1 : Равновесная термодинамика. / пер. с англ. И. А. Успенской, В. А. Ивановой, под ред.: В. В. Лунина, О. М. Полторака. М.: Мир, 2007. – 494 с.

3. Стромберг А. Г., Семченко Д. П.. Физическая химия: учеб. для хим. спец. вузов / Под ред. А. Г. Стромберга. – 7-е изд., стер. – М.: Высш. шк., 2009. – 527 с.

б) дополнительная литература:

1. Румер Ю.Б., Рывкин М.С. Термодинамика, статистическая физика и кинетика. – 2-е изд., испр. и доп. – Новосибирск: Изд-во НГУ, 2000. – 608 с.
2. Жуховицкий А.А. Физическая химия: учеб. для студ. вузов, обуч. по металлург. спец. / А. А. Жуховицкий, Л. А. Шварцман. - 5-е изд., стер. - М. : Металлургия, 2001. - 687 с.
3. Даниэльс Ф., Олберти Р. Физическая химия : пер. со 2-го англ. изд. / Ф. Даниэльс, Р. Альберти ; ред. К. В. Толмачева. - М. : Высш. шк., 1967. - 784 с.
4. Еремин Е. Н. Основы химической термодинамики: учеб. пособие для хим. спец. ун-тов / Е. Н. Еремин. - 2-е изд., испр. и доп. - М.: Высш. шк., 1978. - 391 с.
5. Карапетьянц М. Х. Химическая термодинамика: учеб. пособие / М. Х. Карапетьянц. - 3-е изд., перераб. и доп. - М. : Химия, 1975. - 583 с.
6. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела: учеб. пособие / Ч. Киттель. - 2-е изд., стер., Перепечатка с изд. 1978 г. - М. : МедиаСтар, 2006. - 791 с.
7. Кнорре Д. Г. Физическая химия. / Кнорре Д.Г., Крылова Л.Ф., Музыкантов В.С. 2-е изд., испр. и доп. - М.: Высш. шк., 1990. - 416 с.
8. Кубо Р. Термодинамика. / пер. с англ. А. Г. Башкирова, Е. Е. Тареевой, под ред.: Д. Н. Зубарева, Н.М. Плакиды. М.: Мир, 1970.
9. Курс физической химии: учебное пособие для химических фак. ун-тов / Я. И. Герасимов, В. П. Древинг, Е. Н. Еремин и др.; Под общ. ред. Я. И. Герасимова. - 2-е изд., испр. Т. 1. - М. : Химия, 1970. – 592 с.
10. Мюнстер А. Химическая термодинамика. / Пер. с нем. под ред. Я. И. Герасимова. - М.: Мир, 1971. - 296 с.
11. Шляпинтох В. Я., Замараев К. И., Пурмаль А. П. Химическая термодинамика. М.: МФТИ, 1975. 280 с.

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Единое окно доступа к образовательным ресурсам Федерального портала Российское образование <http://www.window.edu.ru>, национальный WWW-сервер по химии [www.chem.msu.ru](http://www.chem.msu.ru)

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

НОК располагает материально-технической базой, обеспечивающей проведение всех видов теоретической и практической подготовки, предусмотренных учебным планом, а также эффективное выполнение диссертационной работы:

Аудитория для проведения лекций, оснащенная компьютером и проектором для показа слайдов компьютерных презентаций. Компьютеры,

объединенные в локальную сеть с выходом в Интернет и подключенные к международным и российским научным базам данных и электронной библиотеке с основными международными научными журналами.

Инструментальная база НОК основана на центре коллективного пользования физическими методами исследования ИФХЭ РАН. В составе имеющегося оборудования ЯМР-спектрометр фирмы «Брукер»: AVANCE II DRX-600, масс-спектрометр MALDI-TOF Bruker ultraflex III, масс-спектрометр ICP-MS - Bruker Daltonics aurora M90, спектрофотометр УФ и видимой области Specord M400, ИК-спектрометр Perkin-Elmer-2000, спектрофотометр Agilent 8453, сканирующий зондовый микроскоп Solver P47 PRO, атомно-силовой микроскоп – спектрометр Force Master 402 MD, рентгено-флюороресцентный микроанализатор VRA-30, рентгеновский дифрактометр Shimadzu XRD-6000 и многие другие приборы. Лаборатории оснащены современными приборами для физикохимического анализа.

Автор программы – главный научный сотрудник лаборатории поверхностных сил, член-корреспондент РАН Людмила Борисовна Бойнович.

Программа составлена в соответствии с требованиями приказа Минобрнауки России от 30.07.2014 г. № 869 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 04.06.01 Химические науки (уровень подготовки кадров высшей квалификации)».

Программа рассмотрена и утверждена секцией Ученого Совета ИФХЭ РАН «Поверхностные явления в коллоидно-дисперсных системах, физико-химическая механика и адсорбционные процессы» (протокол № 9-10/2014-1 от 10 сентября 2015 г.)

Председатель секции:

Гл.н.с. лаборатории поверхностных сил  
член-корреспондент РАН

Л.Б. Бойнович