



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ**

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

**Рабочая программа дисциплины**

**Новые явления в физикохимии поверхностей и  
наноразмерных систем**

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

Специальность 02.00.04- Физическая химия

Москва

2015 год

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

Цели дисциплины Подготовить аспирантов и специалистов – физико-химиков к научно-исследовательской деятельности, связанной с применением новейших теоретических и инженерных достижений в области физической химии поверхностей и наноразмерных систем для разработки новых функциональных материалов и покрытий и новых методов исследований и испытаний таких материалов.

Задачи дисциплины: Ознакомление с последними достижениями в области физической химии поверхностей и наноразмерных систем, их месте и роли в материаловедении и в химической промышленности. Освоение теоретических и инженерных принципов, закладываемых в разработку новых материалов и покрытий с заданными функциональными свойствами.. Обучение навыкам теоретического анализа результатов экспериментальных исследований в области поверхностных явлений и наноразмерных систем, 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 «Новые явления в физикохимии поверхностей и наноразмерных систем» относится к группе специальных дисциплин отрасли науки «Химические науки» и научной специальности «Физическая химия».

Настоящая дисциплина «Новые явления в физикохимии поверхностей и наноразмерных систем» - модуль основной 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 и коллоидной химии. Для изучения данной дисциплины необходимо высшее образование с освоением курсов физической и коллоидной 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-15); понимание необходимости безопасного обращения с химическими материалами с учетом их физических и химических свойств, способность проводить оценку возможных рисков (ПК-16); 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-17); умение анализировать научную литературу с целью выбора направления и методов, применяемых в исследовании, способность самостоятельно составлять план исследования (ПК-18); способность анализировать полученные результаты, делать необходимые выводы и формулировать предложения (ПК-19); 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-20); способность определять и анализировать проблемы, планировать стратегию их решения (ПК-21); владение основами делового общения, наличие навыков межличностных отношений и способность работать в научном коллективе (ПК-22); владение базовыми понятиями экологической химии, способность оценивать экологические риски производств и применять принципы зеленой химии при разработке химических реакций и технологических производств (ПК-23).

#### 4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы (108 часов).

##### 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	Новые явления в физикохимии поверхностей и наноразмерных систем	108	72	54		18		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	Применение нанокompозитных покрытий для управления смачиванием	8		6		6
2	Формирование наноструктур в электрохимических	6				4

	<b>системах</b>				
3	<b>Физико-химическая механика разрушения</b>	8		2	4
4	<b>Топохимия и текстурология оксидных наносистем</b>	6		2	4
5	<b>Механизмы защитного действия гидрофобных и супергидрофобных материалов и покрытий</b>	12		4	8
6	<b>Кремнийорганические нанокompозитные покрытия</b>	8		2	6
7	<b>Защита стали магнетитными покрытиями</b>	6		2	4

#### 4.2.2 Содержание разделов дисциплины

<b>№ п/п</b>	<b>Наименование раздела дисциплины</b>	<b>Содержание раздела (темы)</b>	<b>Форма проведения занятий</b>
1	<b>Применение нанокompозитных покрытий для управления смачиванием</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Поверхностные силы, как инструмент управления смачиванием.</li> <li>2. Смачивание пористых и гетерогенных поверхностей.</li> <li>3. Оценка состояния поверхности материалов по измерениям смачивания и растекания.</li> <li>4. Применение супергидрофобных покрытий для борьбы с обледенением.</li> </ol>	Лекции
2	<b>Формирование наноструктур в электрохимических системах</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Классификация нанообъектов в электрохимических системах.</li> <li>2. Методы синтеза нанообъектов.</li> <li>3. Методы изучения нанообъектов.</li> </ol>	Лекции
3	<b>Физико-химическая механика разрушения</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Роль поверхностных явлений в механике разрушения.</li> <li>2. Современные представления о механизмах разрушения твердых тел.</li> <li>3. Механохимия разрушения.</li> </ol>	Лекции
4	<b>Топохимия и текстурология оксидных наносистем</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Синтез нанодисперсных систем с использованием микроэмульсий и мицелл.</li> <li>2. Синтез нанодисперсных оксигидроксидов.</li> <li>3. Методы химической и структурной модификации нанодисперсных систем.</li> </ol>	Лекции
5	<b>Механизмы защитного действия гидрофобных и супергидрофобных</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Гидрофобность и супергидрофобность в природе и в технике.</li> <li>2. Применение нанокompозитных</li> </ol>	Лекции, семинары

	<b>материалов и покрытий</b>	покрытий для управления смачиванием. 3. Защита материалов от коррозии с помощью нанокompозитных супергидрофобных покрытий.	
6	<b>Кремнийорганические нанокompозитные покрытия</b>	1. Основы теории адгезии. 2. Механизмы формирования и разрушения адгезионного контакта. 3. Механизмы формирования кремнийорганических самоорганизующихся нанослоев на поверхностях неорганических субстратов. 4. Применение нанокompозитных покрытий для увеличения прочности и стабильности адгезионных соединений металл-полимер.	Лекции, семинары,
7	<b>Защита стали магнетитными покрытиями</b>	1. Механизмы оксидирования сталей. 2. Оксидирование в растворах нитрата аммония. 3. Вторичная обработка магнетитных покрытий (МП). 4. Методы коррозионных испытаний покрытий.	Лекции,

### **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 поверхностных явлений и явлений переноса в пористых системах.
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:**

### **Применение нанокompозитных покрытий для управления смачиванием**

*Поверхностные силы, как инструмент управления смачиванием.* Макроскопический и микроскопический краевые углы. Переходная зона между объемной жидкостью и смачивающей пленкой. Теория Фрумкина – Дерягина. Смачивание пористых и гетерогенных поверхностей. Оценка состояния поверхности материалов по измерениям смачивания и растекания.

*Применение супергидрофобных покрытий для борьбы с обледенением.* Традиционные методы борьбы с обледенением поверхностей конструкционных материалов. Основные механизмы, определяющие эффективность антиобледенительного действия супергидрофобных покрытий. Адгезионная прочность контакта лед–покрытие при различных условиях кристаллизации воды на поверхности покрытия. Факторы, определяющие величину барьера гетерогенной конденсации воды. Методы испытания эксплуатационной стойкости покрытий в условиях обледенения.

### **Формирование наноструктур в электрохимических системах**

*Классификация нанообъектов в электрохимических системах.* 0-мерные и 1-мерные нанообъекты. Двумерные сорбционные решетки. Зародыши 2D и 3D фаз. Островковые пленки. Монослойные пленки. Активные центры адсорбции и нуклеации. Наночастицы на электродах-носителях.

*Методы синтеза нанообъектов.* Нуклеация металлических, оксидных и полимерных фаз. Теория нуклеации. Регулирование размеров и пространственного распределения зародышей. Синтез наночастиц, коллоидные частицы, восстановление ионов в обратных мицеллах, отмывка от органических стабилизаторов, нанесение на электроды-носители.

*Методы изучения нанообъектов.* Циклическая Вольтамперометрия, Транзиенты тока, 2-х и 3-х импульсные потенциостатические методы в сочетании с оптической, электронной и сканирующей зондовой микроскопией. Элементы электрохимической нанотехнологии..

**Физико-химическая механика разрушения.**

*Роль поверхностных явлений в механике разрушения.* Предмет физико-химической механики разрушения материалов как составляющая технологических процессов. Открытие эффекта адсорбционного понижения прочности (эффект Ребиндера). Хрупкое и квазихрупкое разрушение материалов. Формулы Гриффитса и Ирвина-Орвана. Термодинамическая трактовка эффекта Ребиндера.

*Современные представления о механизмах разрушения твердых тел в контакте с адсорбционно-активными средами.* Дислокационные сценарии разрушения кристаллических материалов. Разрушение поликристаллов и аморфных твердых тел. Жидкометаллическое охрупчивание. Разрушение материалов с ионными и ковалентными связями. Основные закономерности кинетики разрушения твердых тел в контакте с адсорбционно-активными средами. Кинетические диаграммы. Лимитирующие стадии процесса разрушения. Эффект, обусловленные транспортом активных компонентов среды.

*Механохимия разрушения.* Адсорбция компонентов среды на межатомных связях в твердом теле. Влияние адсорбции на деформационные характеристики межатомных связей (на примере систем «силоксановая связь – Н3О+, ОН-, Н2О»). Приложение физико-химической механики разрушения в современных технологических процессах.

## **Топохимия и текстурология оксидных наносистем**

*Синтез нанодисперсных систем с использованием микроэмульсий и мицелл.* Физические определения дисперсности, различия между ультрадисперсными, высокодисперсными и грубодисперсными системами. Фундаментальные механизмы образования высокодисперсных систем. Специфика термодинамики и фазообразования в дисперсных системах. Методы синтеза наночастиц: диспергирование, конденсация, золь-гель технологии. Способы получения монодисперсных золь, осаждение наночастиц из жидкой и паровой фазы.

*Синтез нанодисперсных оксигидроксидов* во влажной атмосфере на поверхности жидкометаллических расплавов (Hg, Ga, Bi), механизм роста пористого оксигидроксида алюминия. Физико-химические свойства нанодисперсных оксигидроксидов алюминия. Фазовые переходы и факторы стабильности для различных кристаллографических форм оксидов алюминия. Особенности структуры наночастиц, формирование текстуры при осаждении и кристаллизации вещества. Эволюция физико-химических свойств оксигидроксидов алюминия в процессе отжига до 1600 °С.

*Методы химической и структурной модификации нанодисперсных систем.* Влияние химической модификации поверхности на структурно-фазовую стабильность оксидов алюминия. Специфика синтеза пористых нанодисперсных оксидов (на примере шпинели MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub> и муллита 3Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>•2SiO<sub>2</sub>). Методы получения оксидных нанокомпозитов.

## **Механизмы защитного действия гидрофобных и супергидрофобных материалов и покрытий**

*Гидрофобность и супергидрофобность в природе и в технике.* Термодинамика смачивания, основные понятия и определения. Формула Юнга. Классификация основных случаев смачивания. Примеры природных супергидрофобных поверхностей. Области применения гидрофобных и супергидрофобных материалов.

*Поверхностные силы, как инструмент управления смачиванием.* Макроскопический и микроскопический краевые углы. Переходная зона между объемной жидкостью и смачивающей пленкой. Теория Фрумкина – Дерягина. Смачивание пористых и гетерогенных поверхностей. Оценка состояния поверхности материалов по измерениям смачивания и растекания.

*Применение нанокompозитных покрытий для управления смачиванием.* Смачивание шероховатых поверхностей. Гомогенный и гетерогенный режимы смачивания. Уравнение Касси-Бакстера. Текстурирование поверхности для управления смачиванием. Методы получения текстурированных поверхностей. Гидрофобные агенты.

*Защита материалов от коррозии с помощью нанокompозитных супергидрофобных покрытий.* Взаимодействие гидрофобных и супергидрофобных материалов с водными средами. Механизмы защитного действия супергидрофобных покрытий. Коллоидно-химические методы текстурирования поверхности для достижения супергидрофобного состояния. Агрегация и самоорганизация частиц. Поведение супергидрофобных покрытий при длительном контакте с водными растворами.

## **Кремнийорганические нанокompозитные покрытия**

*Основы теории адгезии.* Силы молекулярного взаимодействия. Адсорбция адгезива на поверхности субстрата. Взаимодействие адгезива с субстратом. Адсорбционная и молекулярная теории адгезии. Поверхностная энергия неорганических субстратов. Поверхностное натяжение адгезивов. Термодинамика адгезии. Адгезия полимеров к металлам.

*Механизмы формирования и разрушения адгезионного контакта.* Механизм формирования МП. Роль процесса восстановления нитрат-иона. Особенности рельефа и структуры поверхности различных субстратов. Формирование контакта в случае жидких и вязких адгезивов. Диффузионные явления в зоне адгезионного контакта. Влияние субстрата на структуру и свойства слоя адгезива. Характер разрушения адгезионных соединений. Факторы, влияющие на адгезионную прочность. Деформация адгезионных соединений. Электрические явления при разрушении адгезионных соединений. Методы измерения адгезионной прочности и внутренних напряжений.

*Механизмы формирования кремнийорганических самоорганизующихся нанослоев на поверхностях неорганических субстратов.* Химия алкоксисиланов. Особенности поведения алкоксисиланов в водных растворах. Адсорбция алкоксисиланов на поверхностях неорганических субстратов. Самоорганизация молекул на поверхности. Условия образования силанольных связей с поверхностью субстрата и конденсации соседних молекул. Формирование силоксановых нанослоев на поверхности неорганических субстратов. Методы определения параметров нанослоя. Взаимодействие алкоксисиланов с металлами.

*Применение нанокompозитных покрытий для увеличения прочности и стабильности адгезионных соединений металл-полимер.* Основные пути направленного регулирования прочности адгезионных соединений. Аппретирование наполненных композитов алкоксисиланами. Взаимодействие кремнийорганического нанослоя с компонентами полимерных покрытий. Механизмы повышения прочности и стабильности адгезионных соединений металл-полимер кремнийорганическими нанослоями. Примеры улучшения адгезионных характеристик основных типов промышленных покрытий.

### **Защита стали магнетитными покрытиями**

*Механизмы оксидирования сталей.* Понятие оксидирования. Щелочное окисление. Кислотное оксидирование. Паротермическое оксидирование. Чернение. Нейтральные оксидирующие растворы. Преимущества и недостатки различных методов.

*Оксидирование в растворах нитрата аммония.* Механизм формирования МП. Роль процесса восстановления нитрат-иона. Влияние модифицирующих добавок. Использование ингибиторов коррозии. Комплексообразователи. Ускорители роста МП. Роль катионов в механизме улучшения коррозионной стойкости стали с МП. Уменьшение температуры процесса. Составные оксидирующие растворы.

*Вторичная обработка магнетитных покрытий (МП).* Промасливание. Пассивирование МП. Составы технологического ряда ИФХАН-39. Модифицирование поверхности перед гидрофобизационной обработкой. Окрашивание.

*Методы коррозионных испытаний покрытий.* Натурные испытания. Ускоренные методы испытаний. Камера соляного тумана. Термовлагокамера. Камера периодической конденсации. Дождевание. Электрохимические методы испытаний. Потенциал питтингообразования.

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

Рекомендуемая литература

а) основная литература:

1. Л.Б.Бойнович, А. М. Емельяненко, «Гидрофобные материалы и покрытия: принципы создания, свойства и применение» // Успехи химии, 2008, 77(7), 619-638.
2. Бойнович Л.Б., Емельяненко А.М. «Перспективы и преимущества супергидрофобных покрытий в борьбе с атмосферным обледенением». // Mendeleev Communications, 2013. Т. 23. №1. С. 1-8.
3. П.А.Ребиндер, Е.Д.Щукин. Поверхностные явления в твердых телах в процессах их деформации и разрушения. В кн. П.А.Ребиндер. Избранные труды. Физико-химическая механика. М., Наука, 1979, с. 203-269.
4. Е.Д.Щукин, А.В.Перцов, Е.А.Амелина. Коллоидная химия. М., «Высшая школа», 2007.
5. Шабанова Н.А., Попов В.В., Саркисов П.Д. Химия и технология нанодисперсных оксидов. Москва: ИКЦ "Академкнига", 2007 – 309с.
6. Данилов А.И., Кудрявцев В.Н., Полукаров Ю.М. Теория и практика электрокристаллизации. // Электрохимия. 2008. Т. 44. № 6. С. 667-668.
7. Я. Г. Авдеев, Ю. И. Кузнецов. Физико-химические аспекты ингибирования кислотной коррозии металлов ненасыщенными органическими соединениями // Успехи химии, 2012, 81(12), 1133–1145.
8. Дамаскин Б. Б., Петрий О. А., Цирлина Г. А. Электрохимия. М.: Химия, 2001.

б) дополнительная литература:

1. Ходан А.Н., Мартынов П.Н., Асхадулин Р.Ш., Юдинцев П.А., Винь Ж.-Л. Структурные и морфологические особенности ультрапористого монолитного оксигидроксида алюминия ( $Al_2O_3 \cdot nH_2O$ ). Коррозия: материалы, защита, 2009 №2, с.6 – 12.
2. Дерягин Б.В., Чураев Н.В., Муллер В.М. Поверхностные силы. М: Наука, 1985 – 398 с.
3. Руднев А.В., Запрянова Т., Молодкина Е.Б., Данилов А.И., Полукаров Ю.М. Начальные стадии электрокристаллизации меди на поликристаллической платине и стеклоуглероде в присутствии ацетонитрила. // Электрохимия. 2008. Т. 44. № 7. С. 906-913.
4. Бойнович Л.Б., Емельяненко А.М. “Методы борьбы с обледенением ЛЭП: перспективы и преимущества новых супергидрофобных покрытий”. ЭЛЕКТРО. Электротехника, электроэнергетика, электротехническая промышленность. 2011. №6. С. 39-47.
5. Малеева М.А., Маршаков А.И., Рыбкина А.А. Изучение закономерностей активного растворения железа в сульфатных электролитах методом импедансной спектроскопии. // Коррозия: материалы, защита. № 2, 2012, с. 42.

6. Н. Н. Андреев, Ю. И. Кузнецов. Физико-химические аспекты действия летучих ингибиторов коррозии металлов // Успехи химии, 74, 755 (2005).
7. Ю. И. Кузнецов. Физико-химические аспекты ингибирования коррозии металлов в водных растворах // Успехи химии, 73, 79 (2004).
8. Ю. И. Кузнецов, Л. П. Казанский. Физико-химические аспекты защиты металлов ингибиторами коррозии класса азолов // Успехи химии, 77, 227 (2008).
9. Розенфельд И.Л. Коррозия и защита металлов. М.: Металлургия, 1969, 448 с.
10. Томашов Н.Д., Чернова Н.П. Пассивность и защита металлов от коррозии. М.: Наука, 1965. - 208 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 2014 г. 2014 г.)

Председатель секции:

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

Л.Б. Бойнович