



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ**

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

Рабочая программа дисциплины

Поверхностные силы

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 теории поверхностных явлений и поверхностных сил в различных областях коллоидной и физической химии.

Задачи дисциплины: Создание углубленного представления о поверхностных силах в коллоидных и дисперсных системах, их месте и роли в материаловедении и в химической промышленности. Освоение теоретических основ устойчивости дисперсных систем, связи их свойств с видами межмолекулярных и межчастичных взаимодействий. Формирование глубокого понимания общих закономерностей, описывающих изменение термодинамических функций в процессах, происходящих в системах с участием поверхностей раздела фаз. Обучение навыкам теоретического анализа результатов экспериментальных исследований в области поверхностных явлений и поверхностных сил, 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 «Поверхностные силы» относится к группе специальных дисциплин отрасли науки «Химические науки» и научной специальности «Физическая химия».

Настоящая дисциплина «Поверхностные силы» - 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 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	Поверхностные силы	144	72	36		36		72	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	Поверхностные силы и устойчивость тонких жидких прослоек и дисперсных систем	8		8		16
2	Дисперсионные (вандерваальсовы) силы	10		10		20
3	Силы взаимодействия,	6		6		24

	вызванные измененной структурой жидкости в прослойке					
4	Поверхностные силы, как инструмент управления смачиванием	8		8		24

4.2.2 Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (темы)	Форма проведения занятий
1	Поверхностные силы и устойчивость тонких жидких прослоек и дисперсных систем	1. Гиббсовский и негиббсовский слои. 2. Поверхностные силы. 3. Изотерма расклинивающего давления. 4. Виды дальнедействующих поверхностных сил.	Лекции, семинары
2	Дисперсионные (вандерваальсовы) силы	1. Микроскопические теории. 2. Макроскопические теории. 3. Расчет сил в многослойных планарных системах. 4. Вандерваальсовы силы между наночастицами.	Лекции, семинары,
3	Силы взаимодействия, вызванные измененной структурой жидкости в прослойке	1. Статическая и динамическая структура в жидкости. 2. Фононная составляющая расклинивающего давления. 3. Стерическая составляющая расклинивающего давления.	Лекции, семинары, практические работы
4	Поверхностные силы, как инструмент управления смачиванием	1. Краевые углы и переходная зона. 2. Теория Фрумкина-Дерягина. 3. Смачивание неплоских поверхностей.	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 поверхностных явлений и явлений переноса в пористых системах.

3. Проведение практических работ в научной лаборатории, участие обучаемых 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:

Поверхностные силы и устойчивость тонких жидких прослоек и дисперсных систем. Гиббсовский и негиббсовский слои. Поверхностные силы. Изотерма расклинивающего давления. Виды дальнедействующих поверхностных сил. Термодинамика тонкой прослойки. Критерий устойчивости. Распределение давления в межфазной зоне.

Дисперсионные (вандерваальсовы) силы. Микроскопическая теория Гамакера – де Бура. Макроскопический подход к расчету вандерваальсовых сил. Теория Дзялошинского, Лифшица, Питаевского. Метод поверхностных плазмонов. Основные ограничения макроскопических теорий дисперсионных сил. Расчет сил в многослойных планарных системах. Взаимодействие тел с искривленными поверхностями. Вандерваальсовы силы между наночастицами.

Ионно-электростатические взаимодействия в ионных жидкостях. Образование и структура двойных электрических слоев. Связь между потенциалом и зарядом поверхности. Методы расчета электростатической составляющей расклинивающего давления. Виды граничных условий. Основные решения теории электростатической составляющей. Учет

дискретного распределения заряда и конечного размера ионов. Влияние электростатического насыщения на величину и характер сил.

Электростатические взаимодействия в неполярных средах. Силы изображения в жидких прослойках. Двойной электрический слой в неполярных средах. Корреляционные взаимодействия. Взаимное влияние электростатических сил и адсорбции на границах жидкой прослойки.

Силы взаимодействия, вызванные измененной структурой жидкости в прослойке. Статическая и динамическая структура в жидкости и параметры, ее определяющие. Факторы, влияющие на отклонение структуры наноразмерной жидкости от структуры объемного состояния. Коллективные колебательные возбуждения и плотность их состояний. Фононная составляющая расклинивающего давления и ее зависимость от толщины жидкой прослойки. Влияние температуры на структурные силы.

Силы, связанные с присутствием в жидкой прослойке длинноцепочечных ПАВ и высокомолекулярных полимеров. Адсорбция полимеров и ПАВ на границах прослойки. Взаимодействие длинноцепочечных молекул с растворителем. Стерическое отталкивание в прослойках растворов полимерных молекул. Браш-браш взаимодействие. Силы «истощения».

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.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Рекомендуемая литература

а) основная литература:

1. Дерягин Б.В., Чураев Н.В., Муллер В.М. Поверхностные силы. М: Наука, 1985 – 398 с.
2. Л.Б.Бойнович, Дальнедействующие поверхностные силы и их роль в развитии нанотехнологии // Успехи химии -2007. -V.76.- – №5. – P.511-527.
3. Адамсон А. Физическая химия поверхностей. – М.: Мир. 1979. – 568 с.
4. L. Voinovich. DLVO forces in thin liquid films beyond the conventional DLVO theory. Current Opinion in Colloid & Interface Science 15 (2010) 297–302.

б) дополнительная литература:

1. 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.
2. Фролов Ю.Г. Курс коллоидной химии. М.: Химия, 1989.
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. 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.

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

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.)

Председатель секции:

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

Л.Б. Бойнович