

Проект

Министерство образования и науки Российской Федерации

Учебно-методическое объединение
по классическому университетскому образованию

Утверждаю:

Председатель совета УМО по
классическому
университетскому образованию,
ректор МГУ им. М.В.Ломоносова,
академик РАН, профессор
В.А.Садовничий _____

« ____ » _____ 200__ г.

**Примерная основная образовательная программа
высшего профессионального образования**

**Направление подготовки
020100 - Химия**

Квалификация выпускника
Бакалавр химии

Москва
2007 год

1. Общие положения

1.1. Примерная основная образовательная программа высшего профессионального образования (ПООП ВПО) по направлению подготовки 020100 - Химия является системой учебно-методических документов, сформированной на основе Федерального государственного образовательного стандарта (ФГОС ВПО) по данному направлению подготовки и рекомендуемой вузам для использования при разработке своих основных образовательных программ (ООП) первого уровня высшего профессионального образования (бакалавр химии). Она включает:

- компетентностно-квалификационную характеристику выпускника;
- содержание и организацию образовательного процесса;
- ресурсное обеспечение реализации ООП;
- итоговую государственную аттестацию выпускников.

1.2. Цель разработки ПООП ВПО по направлению подготовки 020100 - Химия

Целью разработки примерной основной образовательной программы является методическое обеспечение реализации ФГОС ВПО по данному направлению подготовки и разработка высшим учебным заведением основной образовательной программы первого уровня ВПО (бакалавра химии).

1.3. Характеристика ПООП по направлению подготовки 020100 - Химия

Примерная основная образовательная программа (ПООП) по направлению подготовки 020100 - Химия является программой первого уровня высшего профессионального образования.

Нормативные сроки освоения: 4 года.

Квалификация выпускника в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом: бакалавр химии

1.4. Профили подготовки.

Базовая часть, представленная в учебных циклах Б.1-Б.3 ООП ФГОС подготовки бакалавров химии является общей, независимо от магистерской программы, осваиваемой на втором уровне образования, или желания выпускника начать трудовую деятельность после получения диплома.

2. Компетентностно-квалификационные характеристики выпускников по направлению подготовки 020100 Химия.

2.1 Область профессиональной деятельности выпускников

Область профессиональной деятельности выпускников по направлению подготовки 020100-Химия включает:

институты РАН, высшие учебные заведения, лаборатории других государственных и негосударственных научных центров, ведущих исследования в области химии и смежных областях (биохимия, геохимия, нефтехимия, экология, почвоведение, криминалистика, фармацевтика, медицина, микроэлектроника), лаборатории различных производств (химических, пищевых, металлургических, фармацевтических, нефтехимических, горно- и газодобывающих).

2.2 Объекты профессиональной деятельности выпускников

Объектами профессиональной деятельности выпускников по направлению подготовки 020100 – Химия являются:

- атомы, простые молекулы и сложные соединения в различном агрегатном состоянии (неорганические и органические материалы, объекты медицины, окружающей среды, биологии, микроэлектроники), полученные в результате химического синтеза (лабораторного, промышленного) или выделенные из природных объектов.

2.3 Виды профессиональной деятельности выпускников:

- научно-исследовательская
- преподавательская

2.4 Задачи профессиональной деятельности бакалавра химии.

Бакалавры химии должны быть готовы к решению следующих профессиональных задач в соответствии с видами профессиональной деятельности:

- к продолжению образования в магистратуре;
 - к выполнению вспомогательной профессиональной практической деятельности (проведение экспериментальных исследований по заданной методике, выбор технических средств и методов испытаний, обработка результатов эксперимента; подготовка объектов исследований, подготовка отчетов о выполненной работе);
- к работе в установленном порядке в образовательных учреждениях;
 - к самостоятельному повышению своего общеобразовательного и специального уровня знаний при изменении направления профессиональной деятельности;
- к работе в соответствии с полученными за время обучения дополнительными квалификациями («Переводчик в области профессиональной деятельности», «Менеджер в профессиональной области» и др.).

2.5 Компетенции выпускников:

Бакалавры химии в соответствии с целями основной образовательной программы и задачами профессиональной деятельности, указанными в пп. 3.2. и 3.6.1 ФГОС ВПО по направлению 020100 – Химия, должны обладать следующими компетенциями:

а) общими (универсальными) компетенциями:

общенаучными компетенциями (ОНК):

- способностью использовать в познавательной и профессиональной деятельности базовые знания в области математики и естественных наук (ОНК 1);
- способностью использовать в познавательной и профессиональной деятельности базовые знания в области гуманитарных и экономических наук (ОНК 2);
- способностью в социальной сфере, познавательной и профессиональной деятельности применять навыки работы с компьютерами (ОНК 3);

- способностью в условиях развития науки и техники к критической переоценке накопленного опыта и творческому анализу своих возможностей (ОНК 4);

- пониманием необходимости и способностью приобретения новых знаний с использованием современных научных методов и владение ими на уровне, необходимом для решения задач, имеющих естественнонаучное содержание и возникающих при выполнении профессиональных функций (ОНК 5);

- способностью использовать навыки работы с информацией из различных источников для решения профессиональных и социальных задач (ОНК 6);

- навыками аргументации, коммуникации и передачи научного материала (ОНК 7);

инструментальными компетенциями (ИК)

- умением работать с компьютером на уровне пользователя (ИК 1);

- способностью использовать в профессиональной деятельности базовые знания в области информатики и современных информационных технологий, навыки использования программных средств и работы в компьютерных сетях, умением создавать базы данных и использовать ресурсы Интернет (ИК 2);

- умением работать на серийной аппаратуре, применяемой в аналитических и физико-химических исследованиях (ИК 3)

социально-личностными и общекультурными компетенциями (СЛК):

- настойчивостью в достижении цели с учетом моральных и правовых норм и обязанностей (СЛК 1);

- способностью к сотрудничеству, разрешению конфликтов, к толерантности (СЛК 2);

- способностью к социальной адаптации (СЛК 3);

- умением работать самостоятельно и в коллективе (СЛК 4);

- пониманием и соблюдением базовых ценностей культуры, гражданственностью и гуманизмом (СЛК 5);

- способностью перерабатывать большие объемы информации и выделять главное (СЛК 6);

- развитой письменной и устной коммуникацией, включая иноязычную культуру (СЛК 7);

- навыками культуры социальных отношений (СЛК 8);

- умением критически переосмысливать свой социальный опыт (СЛК 9);

- владением социально-значимыми представлениями о здоровом образе жизни (СЛК 10);

- базовыми навыками педагогической деятельности (СЛК 11).

б) профессиональными (специальными) компетенциями (ПК):

- пониманием сущности и социальной значимости профессии, основных перспектив и проблем, определяющих конкретную область деятельности (ПК 1);

- знанием теории фундаментальных разделов химии (прежде всего неорганической, аналитической, органической, физической, химии высокомолекулярных соединений, химии биологических объектов, химической технологии) (ПК 2);

- умением применять основные законы химии при обсуждении полученных результатов, в том числе с привлечением информационных баз данных (ПК 3);
- навыками химического эксперимента, основными синтетическими и аналитическими методами получения и исследования химических веществ и реакций (ПК 4);
- навыками работы на современной учебно-научной аппаратуре при проведении химических экспериментов (ПК 5);
- владением методами регистрации и обработки результатов химических экспериментов (ПК 6);
- пониманием необходимости безопасного обращения с химическими материалами с учетом их физических и химических свойств, способностью проводить оценку возможных рисков (ПК 7).

Приведенные выше компетенции бакалавров вырабатываются в ходе освоения студентами бакалавриата требований к выполнению основной образовательной программы, а также в ходе формирования межличностных отношений. Компетенции могут дополняться учебными заведениями с учетом введения дополнительных требований к выполнению ООП или спецификой содержания их подготовки.

3. Документы, определяющие содержание и организацию образовательного процесса.

3.1. Примерный учебный план подготовки бакалавра химии, составленный по учебным циклам дисциплин, содержит базовую и вариативную части, включает перечень дисциплин, их трудоемкость и примерную последовательность изучения (см. приложение 1).

3.2. Примерные программы учебных дисциплин, практик (см. приложение 2)

4. Ресурсное обеспечение.

Высшее учебное заведение, реализующее основные образовательные программы подготовки бакалавров химии, должно располагать материально-технической базой, обеспечивающей проведение всех видов лекционных, семинарских, практических и лабораторных занятий, а при выполнении выпускной квалификационной работы и научно-исследовательской работы студентов. Высшее учебное заведение должно иметь учебные лаборатории, оснащенные современным учебно-научным оборудованием, и компьютерные классы, обеспечивающие выполнение всех видов занятий студентов.

Материально-техническая база должна соответствовать действующим санитарным и противопожарным правилам и нормам.

5. Рекомендации по использованию образовательных технологий

5.1. Формы, методы и средства организации и проведения образовательного процесса

- а) формы, направленные на теоретическую подготовку:
 - лекция;
 - семинар;
 - самостоятельная аудиторная работа;
 - самостоятельная внеаудиторная работа;
 - консультация;

б) формы, направленные на практическую подготовку:

- практическое занятие;
- лабораторная работа;
- ознакомительная (экскурсионная) практика;
- химико-технологическая производственная практика;
- курсовая работа;
- выпускная квалификационная работа.

5.2. Рекомендации по использованию форм и средств организации образовательного процесса, направленных на теоретическую и экспериментальную подготовку.

Лекция. Можно использовать различные типы лекций: вводная, мотивационная (возбуждающая интерес к осваиваемой дисциплине); подготовительная (готовящая студента к более сложному материалу); интегрирующая (дающая общий теоретический анализ предшествующего материала); установочная (направляющая студентов к источникам информации для дальнейшей самостоятельной работы).

Содержание и структура лекционного материала должны быть направлены на формирование у студента соответствующих компетенций и соотноситься с выбранными преподавателем методами контроля и оценкой их усвоения.

Семинар. Эта форма обучения с организацией обсуждения призвана активизировать работу студентов при освоении теоретического материала, изложенного на лекциях. Рекомендуется использовать семинарские занятия при освоении дисциплин гуманитарно-социально-экономического, математико-естественнонаучного и профессионального циклов.

Лабораторная работа должна помочь практическому освоению научно-теоретических основ изучаемых дисциплин, приобретению навыков экспериментальной работы. Лабораторные работы рекомендуется выполнять при освоении основных теоретических дисциплин всех учебных циклов.

Самостоятельная аудиторная и внеаудиторная работа студентов при освоении учебного материала. Самостоятельная работа может выполняться студентом в читальном зале библиотеки, в учебных кабинетах, компьютерных классах, а также в домашних условиях. Организация самостоятельной работы студента должна предусматривать доступ к информационным базам данных, к ресурсу Интернет. Необходимо предусмотреть получение студентом профессиональных консультаций или помощи со стороны преподавателей.

Самостоятельная работа студентов должна подкрепляться учебно-методическим и информационным обеспечением, включающим учебники, учебно-методические пособия, конспекты лекций, учебным программным обеспечением.

5.3. Рекомендации по использованию форм и средств организации образовательного процесса, направленных на практическую подготовку.

Практическое занятие. Эта форма обучения направлена на практическое освоение и закрепление теоретического материала, изложенного на лекциях. Рекомендуется использовать практические занятия при освоении базовых и профильных дисциплин профессионального цикла.

Ознакомительная экскурсия. Форма обучения, позволяющая познакомить студента с научной тематикой и организацией работы лабораторий учебного заведения или лабораторий других научных центров. Получить представления о возможности трудоустройства после окончания обучения.

Производственная химико-технологическая практика призвана

закрепить знания материала теоретического курса.

Курсовая работа. Форма практической самостоятельной работы студента, позволяющая ему освоить один из разделов образовательной программы (или дисциплины). Рекомендуется использовать курсовые работы при освоении базовых частей профессионального цикла ООП бакалавра химии.

При проведении всех видов учебных занятий необходимо использовать различные формы текущего и промежуточного (рубежного) контроля качества усвоения учебного материала: контрольные работы, индивидуальное собеседование, коллоквиумы, зачеты, экзамены, **защиту** курсовых работ.

6. Требования к проведению итоговой государственной аттестации и разработке соответствующих оценочных средств

Итоговая государственная аттестация (ИГА) бакалавра химии включает Государственный экзамен и(или) защиту бакалаврской выпускной квалификационной работы. ИГА проводится с целью определения универсальных и профессиональных компетенций бакалавра химии, определяющих его подготовленность к решению профессиональных задач, установленных ФГОС ВПО по направлению 020100 - Химия, способствующих его устойчивости на рынке труда и продолжению образования в магистратуре. Аттестационные испытания, входящие в состав итоговой государственной аттестации выпускника, должны полностью соответствовать основной образовательной программе бакалавра химии, которую он освоил за время обучения. Форма проведения ИГА (государственный экзамен и(или) выпускная квалификационная работа) устанавливается Ученым советом вуза.

6.1. Требования к выпускной квалификационной работе бакалавра химии.

Выпускная квалификационная работа бакалавра, представляемая в виде рукописи, является итоговой оценкой деятельности студента и вводится по решению Ученого совета вуза. Предназначена для получения выпускником опыта постановки и проведения научного исследования. По форме представляет собой углубленную курсовую работу (экспериментальную, расчетную или теоретическую) по одной из дисциплин цикла профессиональных (специальных) дисциплин и должна отражать умение выпускника в составе научного коллектива решать поставленную научную проблему.

Тема выпускной работы определяется кафедрой, ведущей дисциплину, по тематике которой выполняется работа, или выпускающей кафедрой в соответствии с программой одной из специальных дисциплин и утверждается заведующим кафедрой.

Защита выпускной работы проводится на заседании ГАК.

6.2. Требования к государственному экзамену бакалавра химии.

Порядок проведения и программа государственного экзамена определяются вузом на основании Положения об итоговой государственной аттестации выпускников высших учебных заведений и методических рекомендаций УМО по классическому университетскому образованию. Государственный выпускной экзамен призван дать возможность установить уровень образованности, полноту знаний и навыков, приобретенных выпускником в рамках образовательной программы направления; уровень интеллектуальных способностей бакалавра, его творческие возможности для дальнейшего продолжения образования в магистратуре. В материалах, выносимых на государственный экзамен, представляются основные разделы

дисциплин базовой части цикла Б.3, причем в них прежде всего должны найти отражение фундаментальные составляющие этих дисциплин.

Программа государственного экзамена утверждается ученым советом вуза, а его продолжительность устанавливается ГАК по согласованию с вузом.

Вузom должны быть разработаны фонды оценочных средств, позволяющие определить уровень освоения выпускником универсальных (общенаучных), общепрофессиональных и профессионально-специализированных компетенций.

Примерная образовательная программа подготовки бакалавров химии по направлению 020100-химия подготовлена коллективом авторов в составе:

Председатель УМС по химии УМО по классическому университетскому образованию,
декан химического факультета МГУ им.М.В.Ломоносова
академик РАН, профессор

В.В.Лунин

Зам. председателя. УМС по химии
УМО по классическому университетскому образованию,
ст.н. сотрудник

В.Ф.Шевельков

Профессор химического факультета
МГУ им. М.В.Ломоносова

Н.Е.Кузьменко

Эксперт:

Декан химического факультета
Санкт-Петербургского государственного
университета, профессор

А.Ю.Билибин

Приложение 1.

Утверждаю:

Председатель УМС по химии
акад. РАН, проф. В.В.Лунин

« _____ » _____ 200 г.

**Министерство образования и науки
Российской Федерации**

Учебно-методическое объединение по
классическому университетскому образованию

Примерный учебный план

Направление подготовки

020100 - Химия

Квалификация выпускника

Бакалавр химии

Нормативный срок обучения

4 года

№ п/п	Наименование циклов дисциплин и разделов	Общая трудоемкость		Аудит. В часах	Распределение по семестрам								Экз. Зачет
		В зач. един.	В часах		1	2	3	4	5	6	7	8	
Б.1	Гуманитарные, социальные и экономические дисциплины	42	1512	684	+	+	+	+	+	+	+	+	4 экз зачеты
	Базовая часть	21	756	360	+	+	+	+	+	+	+	+	2 экз заче-ты
	1.Иностранный язык	10	360	120	+	+	+	+					Экз Зачеты
	2.Отечественная история	4	144	72	+	+							Зачет
	3.Философия	5	180	72			+	+					Экз
	4.История и методология химии	2	72	36								+	Зачет
	Вариативная часть, в т.ч. дисциплины по выбору студентов	21	756	360				+	+	+	+		2 Экз Заче-ты
	Курсы вуза	11	396	180									1 Экз зачеты
	Курсы по выбору студента.	10	360	180									1 Экз зачеты

Б.2	Математические и естественно-научные дисциплины	68	2448	1206	+	+	+	+	+				8 экз зачеты
	Базовая часть	54	1944	918	+	+	++	+	+				7 экз. зачеты
	1. Математика	24	864	396	+	+	+	+					4 Экз зачеты
	2. Информатика.	7	252	108	+	+							Зачет
	3. Физика	19.	684	342		+	+	+	+				3 Экз зачеты
	4. Биология с основами экологии	4	144	72	+								Зачет
	Вариативная часть, в т.ч. дисциплины по выбору студентов	14	504	288	+	+	+	+					1 экз зачеты
	Курсы вуза	8	288	180									1 экз зачеты
	Курсы по выбору студента	6	216	108									Зачеты
Б.3	Профессиональные дисциплины	119	4284	2502	+	+	+	+	+	+	+	+	10 экз зачеты
	Базовая часть (общепрофессиональные дисциплины)	83	2988	1746	+	+	+	+	+	+	+	+	8 экз зачеты
	1. Неорганическая химия	18	648	396	+	+							Экз зачет
	2. Аналитическая химия	18	648	396			+	+					Экз зачет
	3. Органическая химия	18	648	396					+	+			Экз зачет
	4. Физическая химия	16	576	360					+	+			Экз зачет
	5. Химические основы биологических процессов	5	180	72					+				Экз
	6. Высокмолекуляр-ные соединения	4	144	72						+	+		Экз зачет
	7. Химическая технология	4	144	54							+		Экз зачет
	Вариативная часть в т.ч. дисциплины по выбору студентов (общепрофессиональные и специальные дисциплины)	36	1296	756					+	+	+	+	2 экз зачеты
	Курсы вуза	15	540	272					+	+			2 экз зачеты
	Курсы по выбору студентов	21	756	484							+	+	Зачеты
	Б.4	Практики	7	252		+	+						+
1. Ознакомительная		1	36		+	+							Зачет
2. Химико-технологическая		6	216									+	Зачет
Б.5	Физическая культура	2	400		+	+	+	+	+	+			Зачеты
Б.6	Итоговая государственная аттестация.	2	72									+	Экз.

	Государственный экзамен по химии												
	Общая трудоемкость основной образовательной программы	240	8968										

Примечание:

1. Форма ИГА (государственный экзамен или защита выпускной квалификационной работы) устанавливается Ученым советом вуза.

2. Настоящий примерный учебный план составлен в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом (ФГОС) высшего профессионального образования по направлению подготовки 020100 – Химия..

3. Примерный учебный план используется для составления рабочего учебного плана вуза по данному направлению подготовки. При этом суммарная общая трудоемкость базовых дисциплин УЦ Б.1, Б.2 и Б.3 ООП не может превышать приведенную в плане, допускается вариация в общей трудоемкости каждого учебного цикла Б.1, Б.2 и Б.3 ООП до 8 зачетных единиц, а в трудоемкости отдельных дисциплин до 2 зачетных единиц.

4. Общая аудиторная нагрузка рассчитана исходя из 136 недель занятий на 1-4 годах обучения и не может быть изменена в сторону уменьшения.

5. В рабочем учебном плане рекомендуется сохранить позиции, указанные в примерном плане для первых двух лет обучения.

6. Экзамены рассматриваются как вид учебной работы по дисциплине. Зачетные единицы/часы, отводимые на подготовку к экзаменам, включены в общую трудоемкость соответствующих дисциплин и отнесены к самостоятельной работе студентов.

Примерный учебный план подготовки бакалавров химии по направлению 020100-химия разработали:

Зам. председателя. УМС по химии
УМО по классическому университетскому образованию,
ст.н. сотр.

В.Ф.Шевельков

Профессор химического факультета
МГУ им. М.В.Ломоносова

Н.Е.Кузьменко

Эксперт:

Декан химического факультета
Санкт-Петербургского государственного
университета, профессор

А.Ю.Билибин

Приложение 2

Министерство образования и науки Российской Федерации
Учебно-методическое объединение
по классическому университетскому образованию
Учебно-методический совет по химии

Утверждаю:

Председатель УМС по химии
акад. РАН, проф. В.В.Лунин

«_____» _____ 200 г.

Примерная программа дисциплины

“Физическая химия”

Рекомендуется для направления подготовки

020100 – Химия

(квалификация выпускника - бакалавр химии)

Москва
2007 г.

1. Цели и задачи дисциплины

Дисциплина “Физическая химия” относится к базовой части учебного цикла “Профессиональные (специальные) дисциплины”.

Физическая химия представляет собой теоретический фундамент современной химии. В свою очередь, химия является важнейшей составной частью естествознания. Поэтому физико-химические теории химических процессов используют для решения самого широкого круга современных научных и технических проблем.

Преподавание физической химии в университетах ставит своей главной целью раскрыть смысл основных законов, научить студента видеть области применения этих законов, четко понимать их принципиальные возможности при решении конкретных задач. Основные разделы современной физической химии - это строение вещества, химическая и статистическая термодинамика, химическая кинетика, катализ, электрохимия.

2. Примерная программа дисциплины "ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ"

Модуль 1. ОСНОВЫ ХИМИЧЕСКОЙ ТЕРМОДИНАМИКИ

Макроскопические системы и термодинамический метод их описания. Термическое равновесие системы. Термодинамические переменные. Температура. Интенсивные и экстенсивные величины. Обратимые и необратимые процессы. Уравнения состояния. Уравнение состояния идеального газа, газа Ван-дер-Ваальса. Теорема о соответственных состояниях. Вириальные уравнения состояния.

Теплота и работы различного рода. Работа расширения для различных процессов. Первый закон термодинамики. Внутренняя энергия. Энтальпия. Закон Гесса и его следствия. Стандартные состояния и стандартные теплоты химических реакций. Теплота сгорания. Теплоты образования. Зависимость теплового эффекта реакции от температуры. Формула Кирхгоффа. Зависимость теплоемкости от температуры и расчеты тепловых эффектов реакций. Таблицы стандартных термодинамических величин и их использование в термодинамических расчетах.

Второй закон термодинамики и его различные формулировки. Энтропия. Уравнение второго начала термодинамики для обратимых и необратимых процессов. Некомпенсированная теплота Клаузиуса и работа, потерянная в необратимом процессе. Обоснование второго начала термодинамики. Теорема Карно - Клаузиуса. Различные шкалы температур.

Энтропия как функция состояния. Изменение энтропии при различных процессах. Изменение энтропии изолированных процессов и направление процесса.

Математический аппарат термодинамики. Фундаментальное уравнение Гиббса. Внутренняя энергия, как однородная функция объема, энтропии и числа молей. Уравнение Гиббса-Дюгема. Термодинамические потенциалы. Соотношения Максвелла и их использование для вывода различных термодинамических соотношений. Уравнение Гиббса – Гельмгольца.

Свойства термодинамических потенциалов. Различные формы записи условий термодинамического равновесия. Критерий самопроизвольного протекания процессов.

Связь между калорическими и термодинамическими переменными. Методы вычисления энтропии, внутренней энергии, энтальпии, энергии Гельмгольца и энергии Гиббса.

Химический потенциал. Стандартный химический потенциал. Способы вычисления изменений химического потенциала. Химический потенциал идеального и неидеального газов. Метод летучести. Различные методы вычисления летучести из опытных данных.

Модуль 2. РАСТВОРЫ, ФАЗОВЫЕ РАВНОВЕСИЯ

Растворы различных классов. Различные способы выражения состава раствора. Смеси идеальных газов. Термодинамические свойства газовых смесей. Идеальные растворы в различных агрегатных состояниях и общее условие идеальности растворов.

Давление насыщенного пара жидких растворов. Закон Рауля и закон Генри. Идеальные и неидеальные растворы. Химический потенциал компонента в растворе. Метод активностей. Коэффициенты активности и их определение по парциальным давлениям компонент. Стандартные состояния при определении химических потенциалов компонент в жидких и твердых растворах. Симметричная и несимметричная системы отсчета.

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

Парциальные мольные величины и их определение из опытных данных для бинарных систем. Обобщенное уравнение Гиббса - Дюгема.

Гетерогенные системы. Понятие фазы, компонента, степени свободы. Вывод условия фазового равновесия. Вывод условия мембранного равновесия. Правило фаз Гиббса и его вывод.

Фазовые равновесия в однокомпонентных системах. Уравнение Клапейрона - Клаузиуса и его применение к различным фазовым равновесиям. Диаграммы состояния воды, серы, фосфора и углерода. Фазовые переходы первого рода. Фазовые переходы второго рода.

Фазовые равновесия в двухкомпонентных системах. Коллигативные свойства растворов. Изменение температуры затвердевания различных растворов. Криоскопический метод. Уравнение Шредера. Осмос как пример мембранного равновесия. Уравнения Вант-Гоффа, его термодинамический вывод и область применимости. Равновесие жидкость - пар в двухкомпонентных системах. Равновесные составы пара и жидкости. Различные виды фазовых диаграмм: p - x ($T=\text{const}$), T - x ($p=\text{const}$). Термодинамический вывод законов Гиббса - Коновалова. Разделение веществ путем перегонки. Азеотропные смеси и их свойства.

Диаграммы состояния (плавкости) двухкомпонентных систем и их анализ на основе правила фаз. Расплаивание в двухкомпонентных системах.

Трехкомпонентные системы. Треугольник Гиббса.

Модуль 3. ХИМИЧЕСКИЕ И АДСОРБЦИОННЫЕ РАВНОВЕСИЯ

Вывод условия химического равновесия. Химическая переменная. Изотерма Вант-Гоффа. Изменение энергии Гиббса и энергии Гельмгольца при химической реакции. Химическое сродство. Закон действия масс. Стандартная энергия Гиббса химической реакции. Константа равновесия. Различные виды констант равновесия и связь между ними.

Химические равновесия в растворах. Константы равновесия при различном выборе стандартных состояний для участников реакции. Химическое равновесие в разбавленном растворе. Влияние инертного растворителя. Гетерогенные химические равновесия с образованием и без образования твердых растворов.

Зависимость констант равновесия от температуры и давления. Уравнение изобары реакции и его термодинамический вывод. Использование различных приближений для теплоемкостей реагентов при расчетах химических равновесий при различных температурах.

Третий закон термодинамики. Постулат Нернста. Постулат Планка. Расчеты абсолютной энтропии химических соединений.

Приведенные термодинамические потенциалы. Современные методы расчета равновесных составов.

Явления адсорбции. Адсорбент. Адсорбат. Структура поверхности и пористость адсорбента. Виды адсорбции. Локализованная и делокализованная адсорбция. Мономолекулярная и полимолекулярная адсорбция. Определение адсорбции по Гиббсу. Адсорбция из растворов и газовой фазы. Изотермы и изобары адсорбции. Уравнение Ленгмюра, его термодинамический вывод и условия применимости. Уравнение Генри. Константа адсорбционного равновесия.

Полимолекулярная адсорбция, ее приближенное описание методом Брунауэра - Эммета - Теллера (БЭТ). Вывод уравнения БЭТ. Использование уравнения БЭТ для определения поверхности адсорбентов.

Модуль 4. ЭЛЕМЕНТЫ СТАТИСТИЧЕСКОЙ ТЕРМОДИНАМИКИ

Механическое описание молекулярной системы. Фазовые G - и μ -пространства. Функция распределения Максвелла - Больцмана. Ее использование для вычисления средних скоростей и энергий молекул в идеальных газах.

Статистические средние значения макроскопических величин. Метод ячеек Больцмана. Ансамбли Гиббса. Основные постулаты статистической термодинамики. Плотность вероятности (функция распределения) и ее свойства. Микроканонический ансамбль. Канонический ансамбль.

Функция распределения в каноническом ансамбле. Сумма по состояниям как статистическая характеристическая функция. Статистические выражения для основных термодинамических функций - внутренней энергии, энтропии, энергии Гельмгольца, энергии Гиббса, теплоемкости и химического потенциала.

Молекулярная сумма по состояниям и сумма по состояниям макроскопической системы. Поступательная сумма по состояниям. Составляющие энтропии, внутренней энергии и теплоемкости, обусловленные поступательным движением. Формула Закура - Тетроде.

Вращательная сумма по состояниям для жесткого ротатора. Составляющие для внутренней энергии, теплоемкости, энтропии, обусловленные вращательным движением. Орто- и параводород и их термодинамические свойства. Внутреннее вращение и заторможенное вращение.

Колебательная сумма по состояниям для гармонического осциллятора. Составляющие внутренней энергии, теплоемкости и энтропии, обусловленные колебательным движением. Электронные суммы по состояниям. Расчет

констант равновесия химических реакций в идеальных газах методом статистической термодинамики.

Межмолекулярные взаимодействия. Статистическая термодинамика реальных систем. Конфигурационный интеграл для реального газа. Метод Урселла-Майера. Статистическое рассмотрение вириального уравнения.

Метод ячеек в статистической термодинамике жидкостей. Расчет энтропии смешения в рамках решеточной модели раствора. Теории теплоемкости Эйнштейна и Дебая.

Точечные дефекты кристаллических решеток. Вакансии. Междоузельные частицы. Равновесные и неравновесные дефекты решеток. Метод наибольшего слагаемого при вычислении суммы по состояниям для кристаллов с различными видами точечных дефектов. Нестехиометрические соединения и их термодинамическое описание.

Модуль 5. ЭЛЕМЕНТЫ ЛИНЕЙНОЙ ТЕРМОДИНАМИКИ НЕОБРАТИМЫХ ПРОЦЕССОВ

Описание необратимых процессов в термодинамике. Потoki. Силы. Феноменологические законы для скоростей процессов. Производство энтропии. Линейные законы. Связь между средством и скоростью химической реакции. Перекрестные явления. Принцип Кюри, соотношения Онсагера. Стационарные состояния системы и теорема Пригожина.

Модуль 6. ХИМИЧЕСКАЯ КИНЕТИКА

Химическая кинетика - наука о скоростях и механизмах химических реакций. Несоответствие механизмов реакций и их стехиометрических уравнений. Механизм разложения N_2O , N_2O_5 , синтеза HBr и HI .

Основные понятия химической кинетики. Определение скорости реакции. Кинетический закон действия масс и область его применимости. Порядок реакции. Кинетические кривые. Реакции переменного порядка и изменение порядка в ходе реакции на примере реакции образования HBr . Молекулярность элементарных реакций. Прямая и обратная задачи химической кинетики.

Необратимые реакции нулевого, первого и второго порядков. Автокатализ. Необратимые реакции порядка n . Определение констант скорости из опытных данных. Методы определения порядка реакции и вида кинетического уравнения. Время полупревращения и среднее время жизни.

Сложные реакции. Принцип независимости протекания элементарных стадий. Методы составления кинетических уравнений. Обратимые реакции первого порядка. Определение элементарных констант из опытных данных. Параллельные реакции. Последовательные реакции на примере двух необратимых реакций первого порядка.

Кинетический анализ процессов, протекающих через образование промежуточных продуктов. Принцип квазистационарности Боденштейна и область его применимости. Квазиравновесие. Уравнение Михаэлиса - Ментэн. Определение кинетических постоянных этого уравнения из опытных данных. Кинетика каталитических реакций с конкурентным ингибированием.

Цепные реакции. Элементарные процессы возникновения, продолжения, разветвления и обрыва цепей. Длина цепи. Различные методы расчета скорости неразветвленных цепных реакций. Применение метода стационарности для составления кинетических уравнений неразветвленных цепных реакций на примере темнового образования HBr .

Разветвленные цепные реакции. Кинетические особенности разветвленных цепных реакций. Предельные явления в разветвленных цепных реакциях на примере реакции окисления водорода. Полуостров воспламенения. Период индукции. Зависимость скорости реакции на нижнем пределе воспламенения от диаметра сосуда и природы его поверхности. Применение метода квазистационарных концентраций для описания предельных явлений в окрестностях первого и второго пределов воспламенения

Реакции в потоке. Реакторы идеального вытеснения и идеального смешения. Определение кинетических постоянных для различных реакций первого порядка в реакторах идеального смешения и вытеснения.

Колебательные реакции. Схема Лоттка-Вольтерра. Фазовый портрет. Устойчивость стационарного состояния. Точки бифуркации. Реакция Белоусова - Жаботинского.

Зависимость константы скорости химической реакции от температуры. Уравнение Аррениуса. Опытная энергия активации.

Поверхность потенциальной энергии (ППЭ). Поверхность потенциальной энергии для взаимодействия трех атомов водорода. Путь реакции. Переходное состояние. Понятие о современных методах расчета ППЭ.

Метод переходного состояния (активированного комплекса). Свойства активированного комплекса. Статистический расчет константы скорости. Основные допущения теории активированного комплекса и область его применимости. Трансмиссионный коэффициент.

Термодинамический аспект теории активированного комплекса. Энтропия активации. Соотношения между опытной и истинной энергией активации.

Теория соударений в химической кинетике. Ее приближенная и более строгая формулировка. Формула Траутца - Льюиса. Стерический множитель.

Мономолекулярные реакции. Теория активированного комплекса в применении к мономолекулярным реакциям. Область применимости полученных соотношений. Объяснение "повышенных" и "заниженных" значений предэкспоненциального множителя. Теория соударений в применении к мономолекулярным реакциям. Схема Линдемана и ее сопоставление с опытными данными. Причины неточности схемы Линдемана. Поправки Гиншельвуда и Касселя. Понятие о теории РРКМ.

Бимолекулярные реакции. Теория активированного комплекса в применении к бимолекулярным реакциям различного типа. Теория соударений в применении к бимолекулярным реакциям. Сопоставление результатов теории соударений и теории активированного комплекса. Оценка стерического множителя теории активных соударений.

Тримолекулярные реакции. Применение теории активированного комплекса для описания тримолекулярных реакций с участием окиси азота. Теория соударений в применении к тримолекулярным реакциям. Сопоставление результатов обеих теорий.

Реакции в растворах. "Клеточный эффект". Уравнение Бренстеда-Бьеррума. Уравнение Смолуховского.

Фотохимические реакции. Элементарные фотохимические процессы. Принцип Франка-Кондона. Фотохимические активные частицы. Эксимеры, эксиплексы и их свойства. Изменение физических и химических свойств молекул при электронном возбуждении. Квантовый выход. Закон фотохимической эквивалентности Эйнштейна. Закон Ламберта-Бера.

Определение кинетических постоянных фотохимических реакций методом стационарных концентраций. Схема Штерна-Фолмера.

Модуль 7. КАТАЛИЗ

Определение катализа. Общие принципы катализа. Роль катализа в химии. Основные промышленные каталитические процессы. Примеры механизмов каталитических процессов.

Гомогенный катализ. Кислотно-основной катализ. Классификация реакций кислотно-основного типа. Кинетика и механизм реакций специфического кислотного катализа. Функции кислотности Гаммета и их использование для вычисления скорости реакции и кинетических постоянных. Суперкислоты. Твердые кислоты как катализаторы. Кинетика и механизм реакций общего кислотного катализа. Уравнение Бренстеда и его использование в кинетике каталитических реакций. Корреляционные уравнения для энергий активации и теплот реакций. Уравнение Семенова в кинетике радикальных реакций. Специфический и общий основной катализ.

Гетерогенный катализ. Определение скорости гетерогенной каталитической реакции. Различные режимы протекания реакций (кинетическая и внешняя кинетическая области; область внешней и внутренней диффузии). Кинетика Лэнгмюра-Хиншельвуда для реакции на однородной поверхности катализатора. Особенности кинетики и записи константы равновесия в адсорбционном слое. Неоднородность поверхности катализаторов. Кинетика гетерогенно-каталитических реакций с диффузионными ограничениями. Внешняя диффузия (метод равнодоступной поверхности). Кинетика каталитических реакций во внутренней диффузионной области. Решение кинетической задачи Зельдовича-Тиле для необратимой реакции первого порядка. Фактор Тиле и диффузионное торможение. Энергия активации каталитической реакции в кинетической и внутренней диффузионной области.

Металлы как катализаторы. Теория мультиплетов Баландина. Принцип геометрического и энергетического соответствия. Область применения теории мультиплетов. Нанесенные катализаторы. Теория активных ансамблей Кобозева.

Модуль 8. РАВНОВЕСНЫЕ И НЕРАВНОВЕСНЫЕ ЯВЛЕНИЯ В РАСТВОРАХ ЭЛЕКТРОЛИТОВ.

Развитие представлений о строении растворов электролитов (Т. Гротгус, М. Фарадей, С. Аррениус, И.А. Каблуков). Основные положения теории Аррениуса. Недостатки этой теории. Соотношение между энергией кристаллической решетки и энергией сольватации ионов в рамках модели Борна. Ион-дипольное взаимодействие как основное условие устойчивости растворов электролитов. Термодинамическое описание ион-ионного взаимодействия. Понятия средней активности и среднего коэффициента активности; их связь с активностью и коэффициентом активности отдельных ионов. Основные допущения теории Дебая - Гюккеля. Потенциал ионной атмосферы. Уравнения для коэффициента активности в первом, втором и третьем приближении теории Дебая - Гюккеля. Современные представления о растворах электролитов.

Неравновесные явления в растворах электролитов. Потоки диффузии и миграции. Формула Нернста - Эйнштейна. Диффузионный потенциал. Удельная и эквивалентная электропроводность. Числа переноса и методы их определения. Подвижности ионов и закон Кольрауша. Физические основы теории Дебая -

Гюккеля - Онзагера; электрофоретический и релаксационный эффекты; эффекты Вина и Дебая - Фалькенгагена. Зависимость подвижности ионов от их природы, от природы растворителя, от температуры и концентрации раствора. Механизм электропроводности водных растворов кислот и щелочей.

Модуль 9. ТЕРМОДИНАМИКА ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ.

Условия электрохимического равновесия на границах раздела фаз и в электрохимической цепи. Связь ЭДС со свободной энергией Гиббса. Уравнения Нернста и Гиббса - Гельмгольца для равновесной электрохимической цепи. Понятия поверхностного, внешнего и внутреннего потенциалов; разности потенциалов Гальвани и Вольта.

Понятие электродного потенциала. Классификация электродов и электрохимических цепей. Определение коэффициентов активности и чисел переноса на основе измерений ЭДС.

Модуль 10. СТРОЕНИЕ ЗАРЯЖЕННЫХ ГРАНИЦ РАЗДЕЛА.

Двойной электрический слой и его роль в кинетике электродных процессов. Электрокапиллярные явления; основное уравнение электрокапиллярности; уравнение Липпмана. Емкость двойного электрического слоя; причины ее зависимости от потенциала электрода. Адсорбционный метод изучения двойного электрического слоя. Модельные представления о структуре двойного слоя. Теория Гуи - Чапмена - Грэма; сходство и различия этой теории с теорией ионной атмосферы Дебая - Гюккеля.

Модуль 11. ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКАЯ КИНЕТИКА.

Плотность тока как мера скорости электродного процесса; поляризация электродов. Стадии электродного процесса. Механизмы массопереноса: диффузия, миграция и конвекция. Три основных уравнения диффузионной кинетики и общий подход к решению ее задач. Зависимость тока от потенциала в условиях медленной стационарной диффузии к плоскому электроду. Полярография. Уравнение для тока в теории замедленного разряда; ток обмена и перенапряжение. Зависимость скорости стадии разряда от строения двойного слоя на примере электровосстановления ионов гидроксония и пероксидисульфата на ртутном электроде. Физический смысл энергии активации в условиях замедленного разряда. Сопряженные реакции в электрохимической теории коррозии. Методы защиты металлов от коррозии. Химические источники тока; их виды и основные характеристики.

Программу учебной дисциплины “Физическая химия” подготовили:

Профессор О.М.Полторак

Профессор Б.Б.Дамаскин

Профессор М.В.Коробов

(Московский государственный университет)

3. Требования к уровню освоения содержания дисциплины

В результате освоения дисциплины студент должен:

Знать основы современных теорий в области физической химии и способы их применения для решения теоретических и практических задач в любых областях химии.

Уметь самостоятельно ставить задачу физико-химического исследования в химических системах, выбирать оптимальные пути и методы решения подобных задач как экспериментальных, так и теоретических; обсуждать результаты физико-химических исследований, ориентироваться в современной литературе по физической химии, вести научную дискуссию по вопросам физической химии.

Демонстрировать способность и готовность проводить физико-химические расчеты с помощью известных формул и уравнений, в том числе с помощью компьютерных программ, проводить стандартные физико-химические измерения, пользоваться справочной литературой по физической химии.

4. Объем дисциплины и распределение трудоемкости по видам учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 16 зачетных единиц (576 академических часов).

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры	
		6	7
Общая трудоемкость дисциплины	576	+	+
Аудиторные занятия	360	166	194
Лекции	128	60	68
Семинары	64	30	34
Лабораторные работы в том числе – курсовая работа	168 20	76	92 +
Самостоятельная работа	216	102	114
Подготовка к семинарским занятиям и контрольным работам	64	30	34
Подготовка к коллоквиумам	134	60	74
Контроль знаний студентов (в часах)			
Виды промежуточного контроля: коллоквиумы	11	5	6
Контрольные работы	6	3	3
Виды итогового контроля: Зачеты	2	1	1
Экзамены	2	1	1

5. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Разделы дисциплины	Лекции	Семинары	Лабораторные работы
	Модуль 1			
1	Первый закон термодинамики	+	+	+
2	Второй закон термодинамики	+	+	+
	Модуль 2			
3	Термодинамика растворов	+	+	+
4	Фазовые равновесия	+	+	+

	Модуль 3			
5	Химическое равновесие	+	+	+
6	Адсорбционное равновесие	+	-	+
	Модуль 4			
7	Статистическая термодинамика идеальных газов	+	+	-
8	Статистическая термодинамика реальных систем	+	-	-
	Модуль 5			
9	Основы термодинамики необратимых процессов	+	-	-
	Модуль 6			
10	Формальная кинетика	+	+	+
11	Теории химической кинетики	+	+	-
	Модуль 7			
12	Катализ	+	+	+
	Модуль 8			
13	Равновесные и неравновесные явления в растворах электролитов	+	+	+
	Модуль 9			
14	Термодинамика электрохимических цепей.	+	+	+
	Модуль 10			
15	Строение заряженных границ раздела.	+	-	-
	Модуль 11			
16	Электрохимическая кинетика.	+	-	+

6. Примерный перечень лабораторных работ и тем семинарских занятий

6.1 Лабораторный практикум

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ
1.	1	Определение энергии сгорания органического вещества и расчет его энтальпии образования.
2.	1	Определение энтальпии растворения соли в воде в открытом калориметре.
3.	1	Измерение теплоемкости металлов и сплавов.
4	2,3	Определение энтальпии испарения и нормальной температуры кипения индивидуальных жидкостей методом тензиметрии.
5	4	Изучение фазовых диаграмм двухкомпонентных систем. Фазовые диаграммы двухкомпонентных эвтектических систем.
6	4	Изучение фазовых диаграмм двухкомпонентных систем. Равновесие жидкость-пар в двухкомпонентной системе.
7	4	Изучение фазовых диаграмм трехкомпонентных систем с ограниченной взаимной растворимостью.
8	5	Определение констант равновесия и термодинамических характеристик реакций спектральным методом.
9	6	Определение изотермы адсорбции сорбата на силикагеле хромато

		графическим методом.
10	6	Расчет теплоты сорбции хроматографическим методом.
11	10	Гидролиз сложных эфиров в присутствии кислоты.
12	10	Изучение кинетических закономерностей реакции иодирования ацетона.
13	10	Кинетика фотохимического распада перекиси водорода
14	10, 12	Каталитическое разложение перекиси водорода на платиновых катализаторах.
15	10, 12	Изучение кинетики гидролиза n-нитрофенилфосфата щелочной фосфатазой методом спектрофотометрии.
16	10, 12	Изучение кинетики каталитического разложения перекиси водорода
17	10, 12	Изучение кинетики гетерогеннокаталитических реакций импульсным газохроматографическим методом.
18	13	Определение константы диссоциации органической кислоты.
19	13	Кондуктометрическое титрование.
20	14	Химические цепи с электродами первого и второго рода.
21	14	Концентрационные цепи с электродами второго рода.
22	14	Применение метода ЭДС для определения термодинамических параметров (ΔH , ΔG , ΔS) химических реакций.
23	16	Коррозия. Изучение процессов анодного растворения и пассивации металлов электрохимическими методами.
24	16	Гальваника. Изучение процессов катодного выделения металлов и начальных стадий электрокристаллизации.

6.2 Темы семинарских занятий

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование семинарских занятий
1.	1	I закон термодинамики. Внутренняя энергия, работа различных процессов
2.	1	Энтальпия, теплоемкость
3.	1	Термохимия. Закон Гесса, уравнение Кирхгофа.
4	2	II закон термодинамики. Энтропия. Вычисление абсолютных энтропий.
5	2	Фундаментальное уравнение Гиббса, термодинамические потенциалы (идеальные газы, химические реакции)
6	2	Фундаментальное уравнение Гиббса, термодинамические потенциалы (реальные газы, конденсированное состояние)
7	3	Растворы. Равновесие жидкость-пар в идеальных и реальных системах. Закон Рауля
8	3	Криоскопия и эбулиоскопия.
9	4	Правило фаз. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Однокомпонентные системы.
10	4	Правило фаз. Уравнение Шредера. Двухкомпонентные системы.
11	5	Химическое равновесие. Расчет выходов продуктов реакций в идеальных и реальных газовых системах.

12	5	Изотерма химической реакции. Стандартная энергия Гиббса. Зависимость константы равновесия от температуры.
13	5	Сложные равновесия
14	7	Статистическая термодинамика Суммы по состояниям. Расчет для Н и Н ₂ при 298.15 и 1000 К
15	7	Статистическая термодинамика Расчет C_p^0 , S_T^0 и Φ_T^* для Н и Н ₂ при 298.15 и 1000 и К.
15	7	Статистическая термодинамика Расчет K_p реакций.
16	10	Кинетика необратимых реакций. Методы определения порядков реакций.
17	10	Кинетика обратимых и параллельных реакций
18	10	Кинетика последовательных реакций. Метод стационарных концентраций Боденштейна.
19	10	Температурная зависимость скоростей химических реакций. Уравнение Аррениуса.
20	11	Теория столкновений. Бимолекулярные реакции
21	11	Теория столкновений. Мономолекулярные реакции
22	11	Теория активированного комплекса. Статистический аспект.
23	11	Теория активированного комплекса. Термодинамический аспект.
24	11	Кинетика цепных реакций (теоретический семинар).
25	12	Кинетика ферментативных каталитических реакций.
26	13	Коэффициенты активности сильных и слабых электролитов.
27	13	Удельная и эквивалентная электропроводности сильных и слабых электролитов. Числа переноса ионов.
28	14	ЭДС. Расчет ЭДС химических цепей с электродами различного типа.
29	14	Расчет ЭДС концентрационных цепей.
30	14	Термодинамика гальванического элемента. Расчет энтальпии, энтропии и энергии Гиббса реакции.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение

дисциплины

Учебники и учебные пособия:

Герасимов Я.И. и др. Курс физической химии: В 2 т. М.: Госхимиздат, 1963, 1969. Т.1. 592 с. Т.2. 624 с.

Физическая химия / Под ред. Б.Н.Никольского/. Л.: Химия, 1987.

Физическая химия / Под ред. К.С.Краснова. / М.: Высшая школа, 1982.

Полтораки О.М. Термодинамика в физической химии: М.: Высшая школа, 1991.

Эмануэль Н.М., Кнорре Д.Г. Курс химической кинетики: М.: Высшая школа, 1984.

Боресков Г.К. Катализ. Новосибирск: Наука, 1971. Ч.1,2.

Дамаскин Б.Б., Петрий О.А. Электрохимия: М.: Высшая школа, 1983

Лабораторные работы должны быть обеспечены методическим разработками по тематике проведения лабораторных работ.

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Проведение учебного процесса должно быть обеспечено:

-лекции – различной аппаратурой, помогающей лектору демонстрировать иллюстративный материал;

-семинарские занятия – компьютерами для проведения вычислений и возможностью использования информационных систем;

-лабораторные работы – химическими реактивами, лабораторной посудой и учебным (научно-учебным) оборудованием в соответствии с программой лабораторных работ.

Для обработки результатов измерений и их графического представления, расширения коммуникационных возможностей студенты должны иметь возможность работать в компьютерных классах с соответствующим программным обеспечением и выходом в Интернет.

Программа составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования по направлению подготовки 020100 - Химия.

Программу подготовили:

Профессор химического ф-та
МГУ им. М.В. Ломоносова

М.В.Коробов

Зам. Председателя УМС по химии
ст.н.сотр. химического факультета
МГУ им. М.В. Ломоносова

В.Ф.Шевельков

Эксперт:

Декан химического факультета
Санкт-Петербургского государственного
университета, профессор

А.Ю.Билибин