Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна»
(СПбГУПТД)

УТВЕРЖДАЮ
Директор ВШТЭ

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
СВЕДЕНИЯ О СЕРТИФИКАТЕ ЭП
Сертификат: 7d15b88066d31dcb1847af0d7d99b718672f8b21
Владелец: Луканин Павел Владимирович
Действителен: с 11.02.2020 по 31.12.2022

Рабочая программа дисциплины

Б1.В.01 Дополнительные главы химии: катализ в органической химии и технологии органических веществ

Учебный план: ФГОС3++m180401.12-12_22-12.plx

Кафедра: 12 Органической химии

Направление подготовки: (специальность) 18.04.01 Химическая технология

Профиль подготовки: (специализация) Химия и технология продуктов тонкого органического синтеза

Уровень образования: магистратура

Форма обучения: очная

План учебного процесса

Семестр (курс для ЗАО)		Контактная работа обучающихся		Сам. работа	Контроль, час.	Трудоёмкость, ЗЕТ	Форма промежуточной аттестации
		Лекции	Лаб. занятия				
1	УП	17	17	74	36	4	Экзамен
	РПД	17	17	74	36	4	
Итого	УП	17	17	74	36	4	
	РПД	17	17	74	36	4	

Санкт-Петербург
2022

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 18.04.01 Химическая технология, утверждённым приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 07.08.2020 г. № 910

Составитель (и):

Кандидат химических наук, доцент — Курзин А.В.

От кафедры составителя: — Тришин Ю.Г.
Заведующий кафедрой органической химии

От выпускающей кафедры: — Тришин Ю.Г.
Заведующий кафедрой

Методический отдел: — Смирнова В.Г.

1 ВВЕДЕНИЕ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1 Цель дисциплины: Сформировать компетенции обучающегося в области каталитических явлений, протекающих в процессах химической технологии продуктов тонкого органического синтеза

1.2 Задачи дисциплины:

• Сформировать прочные знания о типах и видах катализа, свойствах, строении и применении различных катализаторов, о связи активности и селективности катализатора с его составом и строением.

• Рассмотреть важнейшие концепции катализа в органической химии, классификации катализаторов по принципу их действия на органические субстраты, механизмы основных гомогенно- и гетерогенно-каталитических реакций и процессов.

• Привить студентам практические навыки применения каталитических систем и исследования свойств катализаторов.

1.3 Требования к предварительной подготовке обучающегося:

Предварительная подготовка предполагает создание основы для формирования компетенций, указанных в п. 2, при изучении дисциплин:

Дисциплина базируется на компетенциях, сформированных на предыдущем уровне образования

2 КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

ПК-4: Способен обеспечить контроль качества сырья, промежуточных и целевых продуктов в производственном процессе на основе применения традиционных и новейших методов, приборов, оборудования
Знать: основные каталитические процессы и используемые реакторы химической технологии, современные методы теоретического и экспериментального исследования в химии, способы определения состава, структуры вещества, механизма химических процессов, важнейшие понятия теории управления технологическими процессами
Уметь: описывать активность каталитических систем в системе современных теоретических представлений, выбирать методы исследования для заданной научной и технологической задачи, проводить экспериментальное исследование и обоснованно интерпретировать результаты
Владеть: методами, алгоритмами, а также соответствующими пакетами прикладных программ для оптимизации задач исследования, проектирования и управления химическими процессами, навыками проведения исследований с помощью современных приборов и оборудования
ПК-5: Способен к совершенствованию технологического процесса - разработке мероприятий по комплексному использованию сырья, по замене дефицитных материалов и изысканию способов утилизации отходов производства, к исследованию причин брака в производстве и разработке предложений по его предупреждению и устранению
Знать: основные процессы и реакторы химической технологии, современные методы теоретического и экспериментального исследования в различных разделах химии, методы определения состава, структуры вещества, механизма химических процессов, основные понятия теории управления технологическими процессами
Уметь: описывать активность каталитических систем в терминах квантово-химической концепции, анализировать, оценивать и прогнозировать экономические эффекты и последствия реализуемой и планируемой деятельности; выбрать метод исследования для заданной научной и технологической задачи, планировать и проводить экспериментальные исследования, интерпретировать результаты исследования
Владеть: методами и алгоритмами, а также соответствующими пакетами прикладных программ для оптимизации задач исследования, проектирования и управления химическими процессами, навыками проведения исследований с помощью современных физических и физико-химических методов

3 РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Наименование и содержание разделов, тем и учебных занятий	Семестр (курс для ЗАО)	Контактная работа		СР (часы)	Инновац. формы занятий	Форма текущего контроля
		Лек. (часы)	Лаб. (часы)			
Раздел 1. Феноменология катализа	1					С,Р
Тема 1. Феноменология каталитических явлений Внешние проявления каталитических эффектов в области стехиометрии и механизма, энергетических эффектов и характеристик, кинетике химических превращений. Условия проявления каталитических эффектов. Ограничения явления катализа.		1		10	ГД	
Тема 2. Методы описания каталитических реакций Схемы каталитических реакций. Каталитические циклы. Каталитическая активность и способы ее количественного выражения. Методы измерения активности. Методы глобального описания: оператор эволюции и релаксационное уравнение. Спектр релаксации. Элементарные релаксаторы.		1		7	ГД	

Тема 3. Теоретические модели катализа 1. Локальный и глобальный подходы. Локальные и глобальные подходы к задаче описания каталитических явлений. Сравнительный анализ их особенностей, преимуществ и недостатков. 2. Химические теории катализа. Химическое взаимодействие "субстрат – катализатор", его особенности. Активные центры катализатора, их типы и строение. Каталитические комплексы, их типы, особенности химических связей в каталитических комплексах. Принципы соответствия: электронного, энергетического и геометрического. 3. Физические теории катализа. Энергетическое взаимодействие "субстрат – катализатор". Деформационный и резонансный типы каталитического действия. Проблема энергетической регенерации катализатора. Рекуперация энергии в каталитических реакциях. 4. Квантово-механическая точка зрения на катализ. Адиабатические и не-адиабатические процессы. Разрешенные и запрещенные элементарные химические акты. Правила отбора в синхронных реакциях (симметрия и законы сохранения). Методы снятия запретов. 5. Катализ как релаксационное явление. Релаксация неравновесных систем. Динамические режимы и переходы между ними: критический характер, влияние внешних и внутренних факторов. 6. Теория катализаторов. Корреляции каталитических свойств веществ с их химическим составом и строением. Методы рационального подбора катализаторов.		2		5	АС	
Раздел 2. Виды катализа						О,Л

Тема 4. Гомогенный катализ 1. Основные особенности гомогенного катализа. Гомогенные каталитические системы. Гомогенные катализаторы, их типы и строение. Молекулярный характер гомогенных катализаторов. 2. Газофазный гомогенный катализ. Газообразные системы и каталитические реакции. Примеры газофазного катализа. Механизм каталитического действия. 3. Жидкофазный гомогенный катализ. а) Кислотно-основный катализ в растворах. Катализаторы, природа каталитического действия. Типы химических реакций. Примеры каталитических процессов. б) Металлокомплексный катализ. Комплексы переходных металлов (КПМ), особенности их состава и строения. Стадии каталитического процесса с участием КПМ, каталитические циклы. Принципы соответствия в металлокомплексном катализе. Примеры реакций: гидрирование, изомеризация, окисление, гидроформилирование. в) Гетерогенный металлокомплексный катализ. Гетерогенизация КПМ на твердых носителях. Способы гетерогенизации. Основные особенности строения и каталитического действия гетерогенизированных КПМ.		3		10	ГД	

Тема 5. Гетерогенный катализ 1. Основные особенности гетерогенных каталитических систем. Многофазность и наличие межфазных границ. Градиенты концентрации и температуры, процессы переноса вещества и энергии. 2. Типы гетерогенных катализаторов, их особенности. а) Химический состав — металлы и сплавы, бинарные соединения, сложные соединения, смеси и композиции. б) Физическое строение — тип каркаса или решетки, пористость, величина, строение и текстура поверхности, дефекты состава и структуры. в) Геометрия — межатомные расстояния, тип кристаллической ячейки, размеры и форма кристаллитов, зерен, пор, глобул. г) Электронно-энергетические характеристики — проводники, полупроводники и изоляторы, энергия выхода электронов, теплопроводность, поверхностная энергия, наличие неравновесных и метастабильных структур. 3. Методы приготовления гетерогенных катализаторов. Химический синтез, введение добавок (промоторы, сокатализаторы, протекторы), формирование физической структуры, тренировка. Эволюция гетерогенных катализаторов в ходе реакции: явления отравления и разработки, их причины, методы стабилизации и регенерации гетерогенных катализаторов. 4. Основные стадии гетерогенно-каталитической реакции. а) Диффузия. Типы диффузии. Кинетические области и кривая Зельдовича. Переходы между кинетическими и диффузионными областями. б) Адсорбция. Адсорбционно-десорбционное равновесие, его параметры (адсорбционные коэффициенты, теплота адсорбции и др.). Физическая и химическая адсорбция. Конкурентная адсорбция. Адсорбированное состояние вещества и его реакционная способность. в) Химические превращения на поверхности. Латеральная диффузия и столкновения. Типы кинетических механизмов на поверхности. Ударные механизмы. г) Принципы соответствия в гетерогенном катализе. 5. Кинетика гетерогенно-каталитических реакций. Статические и проточные установки. Особенности кинетики в статических установках, учет перемешивания. Особенности кинетики в проточных системах. Кинетические режимы. Стационарные и нестационарные режимы, автоколебания. Лабораторная работа 1. Восстановление на скелетном катализаторе Лабораторная работа 2. Синтез масляного альдегида из н-бутилового спирта		4	6	20	ГД	

Тема 6. Ферментативный, мицеллярный и межфазный катализ 1. Ферментативный катализ. Строение молекул фермента. Особенности взаимодействия в каталитическом комплексе "субстрат — фермент". Основные особенности кинетики ферментативных реакций. Иммобилизация ферментов. 2. Мицеллярный катализ. Поверхностно-активные вещества. Мицеллообразование в водных и органических средах. Распределение реагентов в мицеллярном растворе. Природа каталитического эффекта. Области применения мицеллярного катализа. 3. Межфазный катализ. Особенности химических реакций в многофазных системах. Процессы переноса через поверхности раздела фаз. Катализаторы-переносчики, механизм их действия. Лабораторная работа 3. Каталитическое дегидрирование циклогексана Лабораторная работа 4. Полимеризация стирола		3	7	10	ГД	
Раздел 3. Методы описания и исследования катализаторов						Э,Л
Тема 7. Методы описания катализаторов Избирательность и специфичность катализаторов, их типы и методы количественного выражения. Селективность каталитических реакций и селективность катализаторов, их типы и методы количественного выражения.		1		5	ГД	
Тема 8. Методы исследования катализаторов а) Химический анализ молекулярных и каркасных катализаторов. б) Исследование поверхности гетерогенных катализаторов: измерение площади поверхности, измерение поровой структуры, определение кислотно -основных свойств поверхности, определение окислительно-восстановительных свойств поверхности. в) Инструментальные методы исследования гетерогенных катализаторов: ИК- и УФ-спектроскопия, рентгеновская спектроскопия, фотоэлектронная спектроскопия, электронно-микроскопические методы Лабораторная работа 5. Дегидратация спиртов		2	4	7	ГД	
Итого в семестре (на курсе для ЗАО)		17	17	74		
Консультации и промежуточная аттестация (Экзамен)		2,5		33,5		

Всего контактная работа и СР по дисциплине		36,5	107,5		

4 КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Курсовое проектирование учебным планом не предусмотрено

5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

5.1 Описание показателей, критериев и системы оценивания результатов обучения

5.1.1 Показатели оценивания

Код компетенции	Показатели оценивания результатов обучения	Наименование оценочного средства
ПК-4	1. Имеет представление об основных промышленных каталитических реакционных процессах и реакторах химической технологии, используемых для этих процессов 2. Анализирует показатели работы и эффективности промышленных процессов и реакторов 3. Имеет навыки подбора метода оптимизации промышленного каталитического процесса	1. Вопросы устного собеседования 2. Практико-ориентированные задания
ПК-5	1. Способен изложить основы теории процесса в химическом реакторе 2. Может определить и выбрать оптимальный и рациональный режим каталитического процесса 3. Способен рассчитать основные характеристики химического промышленного каталитического процесса	1. Вопросы устного собеседования 2. Практико-ориентированные задания

5.1.2 Система и критерии оценивания

Шкала оценивания	Критерии оценивания сформированности компетенций	
	Устное собеседование	Письменная работа
5 (отлично)	Полный, исчерпывающий ответ, явно демонстрирующий глубокое понимание основных принципов каталитической химии и широкую эрудицию в оцениваемой области. Обучающийся может объяснить взаимосвязь основных законов катализа и их значение для последующей профессиональной деятельности, выполняет предусмотренные программой практические задания. Могут присутствовать несущественные ошибки, не связанные с сутью обсуждаемой проблемы. Критический, оригинальный подход к материалу.	Правильное решение предложенной задачи. Написаны все промежуточные и конечный продукты предложенной схемы реакций.
4 (хорошо)	Ответ стандартный, в целом качественный, основан на всех обязательных источниках информации (материалы практических занятий, рекомендованная литература). Присутствуют небольшие пробелы в знаниях или несущественные ошибки, большая часть которых может быть исправлена самостоятельно при устном собеседовании с преподавателем, без существенных ошибок выполнены предусмотренные в программе задания.	Правильное решение предложенной задачи с несущественными ошибками. Написаны основные промежуточные и конечный продукты предложенной схемы реакций.
3 (удовлетворительно)	Ответ неполный, основанный только на материалах практических занятий. может сформулировать законы, понятия и определения каталитической химии, справляется с выполнением заданий, предусмотренных программой, допуская при этом	Неправильное решение задачи. Получено несколько промежуточных продуктов реакции.

	большое количество ошибок. При понимании сущности предмета в целом – существенные ошибки или пробелы в знаниях сразу по нескольким темам, незнание (путаница) важных терминов.	
2 (неудовлетворительно)	Неспособность ответить на вопрос без помощи экзаменатора. Незнание значительной части принципиально важных элементов дисциплины. Многочисленные грубые ошибки, не может выполнить предложенные задания. Неспособность интерпретировать наблюдаемые или описываемые явления с позиций основных положений изученной дисциплины (вне зависимости от успешности выполненного письменного задания).	Задача не решена.

5.2 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

5.2.1 Перечень контрольных вопросов

№ п/п	Формулировки вопросов
Семестр 1	
1	Феноменология каталитических явлений. Условия проявления каталитических эффектов. Ограничения явления катализа.
2	Локальные и глобальные подходы к задаче описания каталитических явлений. Сравнительный анализ их особенностей, преимуществ и недостатков.
3	Химические теории катализа. Химическое взаимодействие "субстрат – катализатор", его особенности.
4	Активные центры катализатора, их типы и строение.
5	Каталитические комплексы, их типы, особенности химических связей в каталитических комплексах. Принципы соответствия: электронного, энергетического и геометрического.
6	Физические теории катализа. Энергетическое взаимодействие "субстрат – катализатор". Деформационный и резонансный типы каталитического действия.
7	Проблема энергетической регенерации катализатора. Рекуперация энергии в каталитических реакциях.
8	Квантово-механическая точка зрения на катализ. Адиабатические и неадиабатические процессы. Разрешенные и запрещенные элементарные химические акты.
9	Правила отбора в синхронных реакциях (симметрия и законы сохранения). Методы снятия запретов.
10	Катализ как релаксационное явление. Релаксация неравновесных систем. Динамические режимы и переходы между ними: критический характер, влияние внешних и внутренних факторов.
11	Теория катализаторов. Корреляции каталитических свойств веществ с их химическим составом и строением.
12	Методы подбора катализаторов.
13	Схемы каталитических реакций. Каталитические циклы.
14	Каталитическая активность, способы ее количественного выражения, методы измерения.
15	Избирательность и специфичность катализаторов, их типы и методы количественного выражения.
16	Селективность каталитических реакций и селективность катализаторов, их типы и методы количественного выражения.
17	Основные особенности гомогенного катализа. Гомогенные каталитические системы.
18	Гомогенные катализаторы, их типы и строение. Молекулярный характер гомогенных катализаторов.
19	Кислотно-основный катализ в растворах. Катализаторы, природа каталитического действия. Типы химических реакций. Примеры каталитических процессов.
20	Металлокомплексный катализ. Комплексы переходных металлов, особенности их состава и строения.
21	Стадии каталитического процесса с участием КПМ, каталитические циклы.
22	Принципы соответствия в металлокомплексном катализе. Примеры реакций: гидрирование, изомеризация, окисление, гидроформилирование
23	Гетерогенный металлокомплексный катализ. Гетерогенизация КПМ на твердых носителях.
24	Способы гетерогенизации. Основные особенности строения и каталитического действия гетерогенизированных КПМ.
25	Основные особенности гетерогенных каталитических систем. Многофазность и наличие межфазных границ. Градиенты концентрации и температуры, процессы переноса вещества и энергии.

26	Типы гетерогенных катализаторов, их особенности: химический состав, физическое строение, геометрия, электронно-энергетические характеристики.
27	Методы приготовления гетерогенных катализаторов. Химический синтез, введение добавок (промоторы, сокатализаторы, протекторы), формирование физической структуры, тренировка.
28	Эволюция гетерогенных катализаторов в ходе реакции: явления отравления и разработки, их причины, методы стабилизации и регенерации гетерогенных катализаторов.
29	Основные стадии гетерогенно-каталитической реакции: диффузия, адсорбция, химические превращения на поверхности.
30	Принципы соответствия в гетерогенном катализе.
31	Кинетика гетерогенно-каталитических реакций. Статические и проточные установки.
32	Кинетика гетерогенно-каталитических реакций. Кинетические режимы. Стационарные и нестационарные режимы.
33	Ферментативный катализ. Строение молекул фермента. Особенности взаимодействия в каталитическом комплексе "субстрат — фермент".
34	Основные особенности кинетики ферментативных реакций. Иммобилизация ферментов.
35	Мицеллярный катализ. Поверхностно-активные вещества. Мицеллообразование в водных и органических средах.
36	Мицеллярный катализ. Распределение реагентов в мицеллярном растворе. Природа каталитического эффекта.
37	Области применения мицеллярного катализа.
38	Межфазный катализ. Особенности химических реакций в многофазных системах. Процессы переноса через поверхности раздела фаз. Катализаторы-переносчики, механизм их действия.
39	Методы исследования катализаторов. Химический анализ молекулярных и каркасных катализаторов.
40	Исследование поверхности гетерогенных катализаторов. Инструментальные методы исследования гетерогенных катализаторов: ИК- и УФ-спектроскопия, рентгеновская спектроскопия, фотоэлектронная спектроскопия, электронно-микроскопические методы.

5.2.2 Типовые тестовые задания

Не предусмотрено

5.2.3 Типовые практико-ориентированные задания (задачи, кейсы)

1. Реакция первого порядка при температуре 70 °С завершается на 40 % за 60 мин. При какой температуре реакция завершится на 80 % за 120 мин, если энергия активации равна 60 кДж/моль?

2. В системе А(г) + 2 В(г) = С(г) равновесные концентрации равны [А] = 0,06 моль/л, [В] = 0,12 моль/л, [С] = 0,216 моль/л. Найти константу равновесия реакции и исходные концентрации А и В.

3. Гидролиз ацетилхолина катализируется ферментом ацетилхолинэстеразой, число оборотов которой составляет 25000 с-1. Сколько времени потребуется ферменту для расщепления одной молекулы ацетилхолина?

4. Адсорбция некоторого газа на поверхности твердого тела описывается изотермой Ленгмюра и при 25 °С характеризуется константой адсорбционного равновесия К = 0,85 кПа-1. Рассчитайте давление газа в системе при степени заполнения поверхности газом 0,15.

5.3 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, владений (навыков и (или) практического опыта деятельности)

5.3.1 Условия допуска обучающегося к промежуточной аттестации и порядок ликвидации академической задолженности

Проведение промежуточной аттестации регламентировано локальным нормативным актом СПбГУПТД «Положение о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся»

5.3.2 Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Устная	+	Письменная	+	Компьютерное тестирование		Иная	

5.3.3 Особенности проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Возможность пользоваться справочными таблицами, калькулятором;

Время на подготовку ответа по билету 40 минут, время ответа на билет не более 10 минут.

Письменный конспект подготовки по билету может быть использован при обязательном устном собеседовании

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1 Учебная литература

Автор	Заглавие	Издательство	Год издания	Ссылка

6.1.1 Основная учебная литература				
Потехин В. М., Потехин В. В.	Основы теории химических процессов технологии органических веществ и нефтепереработки	Санкт-Петербург: ХИМИЗДАТ	2017	http://www.iprbookshop.ru/67346.html
Самуилов, Я. Д., Самуилов, А. Я.	Катализ в процессах (со) полимеризации и (со) поликонденсации	Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет	2014	http://www.iprbookshop.ru/61975.html
6.1.2 Дополнительная учебная литература				
Журавлева, М. В., Климентова, Г. Ю., Зиннурова, О. В., Фирсин, А. А.	Катализ в органической технологии	Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет	2016	http://www.iprbookshop.ru/79299.html
Гончаренко Е.Е., Бадаев Ф.З., Голубев А.М.	Химическая кинетика и катализ : метод. указания к выполнению лабораторных работ	Москва: МГТУ им. Н.Э. Баумана	2012	https://ibooks.ru/reading.php?short=1&productid=343859

6.2 Перечень профессиональных баз данных и информационно-справочных систем

Электронно-библиотечная система IPRbooks [Электронный ресурс]. URL: http://www.iprbookshop.ru/
Электронная библиотека ВШТЭ СПБ ГУПТД [Электронный ресурс]. URL: http://nizrp.narod.ru
Электронно-библиотечная система «Айбукс» [Электронный ресурс]. URL: https://www.ibooks.ru/
База данных по патентам URL: http: //www.ep.espacenet.com

6.3 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения

Microsoft: Office Standard 2016 Russian OLP NL AcademicEdition

Microsoft: WIN HOME 10 Russian OLPNL AcademicEdition Legalization GetGenuine

6.4 Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Аудитория	Оснащение
Б-322	Приборы для определения температуры плавления, весы лабораторные, плитки электрические, мешалки магнитные, мешалки механические, микрокомпрессоры, вытяжные шкафы, водоструйные насосы,термостат, вытяжной шкаф, весы лабораторные, нагревательные плитки, ионометр, рефрактометры , весы лабораторные, приборы для определения температуры плавления , сушильный шкаф, плитки электрические, мешалки магнитные, мешалки механические, вакуумный насос, водоструйные насосы, вытяжные шкафы, испаритель роторный LABOROTA-4000, спектрофотометр СФ-2000.
Б-339	Рефрактометры, весы лабораторные, приборы для определения температуры плавления , сушильный шкаф, плитки электрические, мешалки магнитные, мешалки механические, вакуумный насос, водоструйные насосы, вытяжные шкафы, испаритель роторный LABOROTA-4000, спектрофотометр СФ-2000.
Лекционная аудитория	Мультимедийное оборудование, специализированная мебель, доска