**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ИНСТИТУТ СИНТЕТИЧЕСКИХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ
ИМ. Н.С. ЕНИКОЛОВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
(ИСПМ РАН)**

УТВЕРЖДЕНО

Ученым советом ИСПМ РАН
протокол № 1 от "10" февраля 2022 г.
Председатель Ученого совета
член-корр. РАН Денис С.А. Пономаренко

**Рабочая программа и фонд оценочных средств дисциплины
"СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ УСТАНОВЛЕНИЯ СТРОЕНИЯ
ВЕЩЕСТВА"**

Направление подготовки
1.4. ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Направленность (профиль) программы
1.4.7. Высокомолекулярные соединения

Форма обучения – очная

Москва

1. Цели и задачи освоения дисциплины

Цели дисциплины: Формирование фундаментальных знаний принципиальных основ, практических возможностей и ограничений важнейших для химиков современных физических методов исследования, применяемых для исследования строения и реакционной способности химических веществ, знакомство с их аппаратным оснащением и условиями проведения эксперимента, умение интерпретировать и грамотно оценивать экспериментальные данные.

Задачи дисциплины: Сформировать навыки и умения в области современных физико-химических методов исследования химических соединений; научить оптимальному выбору методов для решения поставленных задач; освоить интерпретацию и сопоставление всей совокупности имеющихся данных.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Современные методы установления строения вещества» входит в Основную профессиональную образовательную программу - программу подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре по направлению 1.4. Химические науки, относится к дисциплинам, имеющим целью подготовку аспиранта к кандидатскому экзамену по специальности 1.4.7. Высокомолекулярные соединения, и является обязательной для изучения в период, указанный в индивидуальном плане работы аспиранта.

3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ОПОП по направлению подготовки 1.4. Химические науки по специальности 1.4.7. Высокомолекулярные соединения:

Общепрофессиональных компетенций:

- ✓ способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий (ОПК-1);
- ✓ готовность к преподавательской деятельности по основным образовательным программам высшего образования (ОПК-3).

Профессиональных компетенций:

Специальность: 02.00.06 – Высокомолекулярные соединения:

➤ Способность к использованию современных физико-химических методов установления строения вещества (ПК-10).

По окончании изучения дисциплины аспиранты должны будут:

знать:

- способы анализа имеющейся информации;
- методологию, конкретные методы и приемы научно-исследовательской работы с использованием современных компьютерных технологий;
- сущность информационных технологий;
- современные теории строения вещества;
- базовые физические и химические принципы, заложенные в основу различных методов исследования строения вещества;
- возможности и границы применимости различных физико-химических методов исследования строения вещества;
- принципы изучения природы химических, фотохимических, радиационно-химических и электрохимических реакций;

уметь:

- ставить задачу и выполнять научные исследования при решении конкретных задач по органической химии с использованием современной аппаратуры и вычислительных средств;
- применять теоретические знания по методам сбора, хранения, обработки и передачи информации с использованием современных компьютерных технологий;
- планировать стратегию установления строения вещества;
- рационально сочетать различные методы исследования строения вещества;
- обрабатывать экспериментальные данные, полученные с помощью физико-химических методов исследования вещества;
- анализировать экспериментальные данные для определения термодинамических и кинетических характеристик изучаемых систем;

владеть:

- методами самостоятельного анализа имеющейся информации;
- практическими навыками и знаниями использования современных компьютерных технологий в научных исследованиях;
- современными компьютерными технологиями для сбора и анализа научной информации;

- методами и технологиями межличностной коммуникации;
- способами интерпретации данных, полученные различными физико-химическими методами исследования строения вещества;
- методологией сопоставления и критической интерпретации массива данных, полученных всей совокупностью использованных физико-химических методов исследования строения вещества;
- навыками организации и проведения экспериментов по определению термодинамических и кинетических характеристик химических систем.

4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы - 108 часов согласно учебному плану, из них 36 часов лекционных, 24 часа семинарских, 24 часа лабораторно-практических занятий и 24 часа самостоятельной работы.

4.1 Структура дисциплины

Наименование дисциплины	Объем учебной работы (в часах)						Вид итогового контроля
	Всего	Из них					
		Ауди-торных	Лекции	Семинары	Лаб.-практ.	СР	
Современные методы установления строения вещества	108	84	36	24	24	24	зачет

4.2 Содержание дисциплины

4.2.1 Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел Дисциплины	Виды учебной работы, и трудоемкость (в часах)				Виды контроля
		Лек.	Сем.	Лаб.-практ.	СР	
1	Электронная спектроскопия	4	2	4	4	
2	Колебательная спектроскопия	4	4	4	4	
3	Масс-спектрометрия	5	2	2	2	

4	Спектроскопия ядерного магнитного резонанса	7	4	4	4	
5	Основы симметрии молекул и кристаллов	3	2	2	2	
6.	Рентгенодифракционные методы исследования	4	4	2	2	
7.	Основы хроматографических методов	4	4	4	4	
8.	Элементный микроанализ	5	2	2	2	
	ИТОГО	36	24	24	24	Зачет

4.2.2 Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Темы и содержание раздела	Форма проведения занятий
1	Электронная спектроскопия	<p>1. Техника спектроскопии в видимой и УФ областях. Конструкция приборов (монокроматоры, спектрофотометры; однолучевые и двухлучевые приборы). Источники излучения, оптические материалы, детекторы. Используемые растворители. Способы изображения спектров.</p> <p>2. Спектры поглощения в видимой и УФ-областях как метод исследования электронных спектров многоатомных молекул. Классификация и отнесение электронных переходов в органических молекулах (σ-σ^*, σ-π^*, π-π^*, n-π^* и др. переходы). Интенсивности полос различных переходов. Правила отбора для электронных переходов.</p> <p>Специфика электронных спектров поглощения различных классов органических соединений. Спектры сопряженных систем и пространственные эффекты в электронных спектрах поглощения. Спектры ароматических соединений.</p> <p>Спектры координационных соединений. d-d-переходы, переходы с переносом заряда. Теория поля лигандов.</p> <p>3. Применение электронных спектров поглощения в качественном, структурном и количественном анализах. Закон Бугера-</p>	<p>Лекции, семинары лаб.-практ.</p> <p>Лекции, семинары лаб.-практ.</p> <p>Лекции, семинары</p>

		Ламберта-Бера. Анализ смесей, определение состава комплексов, определения констант диссоциации кислот. Биологические и биохимические приложения УФ-видимой спектроскопии.	лаб.-практ.
2	Колебательная спектроскопия	<p>1. Квантовомеханический и классический подход к описанию колебательных спектров. Колебания двухатомных молекул. Факторы влияющие на частоту колебания – масса атомов и силовые коэффициенты. Колебания многоатомных молекул. Основные колебания, обертоны и составные частоты.</p> <p>2. Правила отбора и интенсивность полос в ИК поглощении и в спектрах КР. Изменение дипольного момента и поляризуемости молекул. Сравнение методов ИК-спектроскопии и КР для исследования молекулярных структур. Поляризация полос в спектрах КР. Сопоставление данных ИК и КР спектров для определения структуры молекул. Влияние агрегатного состояния и растворителей на спектры.</p> <p>3. Применение методов колебательной спектроскопии. Специфичность колебательных спектров. Применение для идентификации веществ, для качественного и количественного анализов и другие применения в химии.</p> <p>4. Техника и методики ИК спектроскопии и спектроскопии КР. Аппаратура ИК спектроскопии, источники излучения, детекторы, прозрачные материалы. Приготовление образцов и методы измерения спектров. Инфракрасные фурье-спектрометры. Аппаратура спектроскопии КР, источники света, детекторы. Преимущества лазерных источников возбуждения.</p>	<p>Лекции, семинары лаб.-практ.</p> <p>Лекции</p> <p>Лекции, семинары лаб.-практ.</p> <p>Лаб.-практ.</p>
3	Масс-спектрометрия	<p>1. Конструкция и основные типы масс-спектральных приборов. Системы ввода пробы газов, жидкостей и твердых веществ. Источники ионов. Анализаторы масс. Системы регистрации ионов, система сбора и обработки данных.</p> <p>2. Методы ионизации молекул (ионизация электронами, фотоионизация, полевая ионизация и десорбция, атомная бомбардировка, электроспрей, матрично-активированная лазерная десорбция/ ионизация (МАЛДИ), резонансный захват электронов). Основные характеристики масс-спектрометров. Типы</p>	<p>Лекции, семинары лаб.-практ.</p> <p>Лекции</p>

		<p>ионов.</p> <p>3. Структурно-аналитические задачи: установление элементного состава и строения молекул; изотопный анализ; качественный и количественный анализ смесей, хроматомасс-спектрометрия; определение микропримесей.</p> <p>4. Исследовательские задачи: исследование реакционной способности молекул и ионов в газовой фазе в условиях протекания процессов фрагментации и ионно-молекулярных реакций; исследование термодеструкции веществ, определение термохимических параметров молекул, ионов и радикалов (энергии ионизации, энергии появления ионов, энергии диссоциации связей, теплоты образования ионов, сродство к электрону и протону; теплоты сублимации).</p>	<p>Лекции, семинары</p> <p>Лекции, семинары лаб.-практ.</p>
4	Спектроскопия ядерного магнитного резонанса	<p>1. Основы спектроскопии ЯМР. Принципы наблюдения магнитного резонанса в химии, ларморовская прецессия, резонанс в двухуровневой системе. Основное уравнение ядерного магнитного резонанса. Понятие химического сдвига в спектроскопии ЯМР, влияние анизотропных групп, единицы измерения, эталоны.</p> <p>Группы эквивалентных ядер, операции симметрии. Магнитно-эквивалентные группы в спектрах ЯМР. Интегральные интенсивности сигналов. Спин-спиновое взаимодействие, системы первого и высших порядков. Факторы, влияющие на значение констант спин-спинового взаимодействия.</p> <p>Понятие о спин-решеточной и спин-спиновой релаксации в спектроскопии ЯМР.</p> <p>2. Влияние химического обмена на спектр ЯМР, «обменивающиеся» протоны при регистрации спектров в полярных растворителях. Приготовление образца для спектроскопии ЯМР, возможные проблемы. Сигналы дейтерированных растворителей, расщепление на квадрупольных ядрах. Принципы импульсной спектроскопии ЯМР, преобразование Фурье в ЯМР. Чувствительность метода ЯМР, способы повышения чувствительности, накопление сигнала, аподизация.</p> <p>4. Спектроскопия углеродного магнитного резонанса (шкала химических сдвигов ядер ^{13}C, их характеристичность, закономерности в изменении значений химических сдвигов, константы спин-спинового взаимодействия</p>	<p>Лекции, семинары лаб.-практ.</p> <p>Лекции</p> <p>Лекции, семинары лаб.-практ.</p>

		<p>С–Н) Различные типы гетероядерной развязки при регистрации спектров ЯМР на ядрах ^{13}C. Ядерный эффект Оверхаузера.</p> <p>5. Разностная ЯЭО-спектроскопия, гетероядерный ЯЭО. Действие радиочастотного импульса на систему, понятие фазовой когерентности, 90- и 180-градусные импульсы.</p> <p>6. Понятие о двумерной спектроскопии, основные гомоядерные методики: COSY, NOESY, TOCSY. Понятие о двумерной спектроскопии, основные гетероядерные методики: HMQC, HMBC.</p> <p>7. Структурный анализ соединений по спектрам ПМР и ЯМР ^{13}C. Примеры, задачи, упражнения.</p>	<p>Лекции</p> <p>Лекции</p> <p>Семинары, лаб.-практ.</p>
5	Основы симметрии молекул и кристаллов	<p>Операции и элементы симметрии. Закрытые элементы симметрии, их взаимодействие. Матрицы преобразований симметрии в двумерном и трехмерном пространстве. Собственные и несобственные вращения, хиральные фигуры.</p> <p>Точечные группы операций симметрии в обозначениях Шенфлиса. Группы низшей категории симметрии. Семейства групп средней категории симметрии, порядки этих групп при одинаковом порядке главной оси n. Группы высшей категории симметрии, их порядки и составляющие элементы. Предельные точечные группы бесконечного порядка.</p> <p>Точечные группы в обозначениях Германа-Могена. Инверсионные оси и их связь с зеркально-поворотными осями системы Шенфлиса. Перевод символов инверсионных осей и точечных групп из одной системы в другую. Орбита точечной группы, кратность орбиты и локальная симметрия ее точек. Симметрически независимая область фигуры.</p> <p>Трансляционная симметрия и кристаллическая решетка. Элементарная ячейка кристалла, различные способы ее выбора (параллелепипед повторяемости, полиэдр Вороного-Дирихле); параметры ячейки. Обозначения примитивных и центрированных решеток. Фракционные координаты точек, индексы направлений и плоскостей в кристалле произвольной сингонии. Симметрически связанные направления и формы. Матрица Грама. Кристаллографические элементы симметрии в 2D- и 3D-случаях. Сингонии, решетки Браве и кристаллографические точечные группы в двумерном и трехмерном случаях; классы Лауэ. Связь кристаллографического класса со свойствами на примере полярных и хиральных кристаллов.</p> <p>Открытые элементы симметрии, их</p>	<p>Лекции</p> <p>Лекции, семинары</p> <p>Лекции, семинары</p>

		<p>происхождение, обозначения и действие. Плоскости скользящего отражения; действие плоскостей d и e. Энантиоморфные и неэнантиоморфные винтовые оси. Взаимодействие элементов симметрии порядка 2 с перпендикулярными и наклонными трансляциями. Особенности взаимодействия с участием осей порядка выше 2. Взаимодействие кристаллографических (закрытых и открытых) элементов симметрии.</p> <p>Пространственные группы, их связь с решетками Браве и кристаллографическими классами. Симморфные и несимморфные группы, пары энантиоморфных групп. Системы эквивалентных позиций (орбиты) пространственных групп, кратность орбиты. Частные и общие положения в кристалле. Подгруппы пространственных групп. Построение графиков групп триклинной, моноклинной и орторомбической (классы $mm2$, 222, mmm) сингоний, включая центрированные. А- и С-центрировка в классе $mm2$. Стандартная и нестандартные установки. Выбор начала координат в пространственной группе. Определение полного символа группы класса mmm и вывод ее подгрупп по краткому символу.</p>	Лекции, семинары
6	<p>Рентгенодифракционные методы исследования</p>	<p>1. Основы кристаллохимии и рентгеновской дифракции. Фундаментальные понятия и лабораторная техника.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Природа рентгеновского излучения, методы его получения, природа характеристического излучения и «белого излучения» рентгеновской трубки. Природа синхротронного излучения. Методы детектирования рентгеновского излучения (фотопленки, сцинтилляционные счетчики, CCD и Image Plate детекторы). • Понятия об упорядоченных и неупорядоченных фазах. Кристаллы, жидкие и пластические кристаллы, жидкости. Дифракционная картина от различных фаз. • Связь интенсивности дифракции и природы образцов. • Обратное пространство. Уравнение Вульфа-Брэгга, его использование на примере каучука. • Лабораторные дифрактометры. Принципиальная схема и назначение основных частей. • Источники рентгеновского излучения. Рентгеновская оптика. Детекторы рентгеновского излучения. <p>2. Рентгеновская дифракция мелкокристаллических тел и полимеров (порошковая дифракция):</p> <p>Общая характеристика метода. Объекты ис-</p>	<p>Лекции</p> <p>Лекции, семинары лаб.-практ.</p>

		<p>следования. Пробоподготовка. Выбор режимов измерения дифрактограммы. Текстура и поглощение. Качественный фазовый анализ. Порошковая база данных ICDD PDF-2. Полиморфизм.</p> <p>Количественный фазовый анализ. Метод внутреннего стандарта (корундового числа). Метод Ритвельда. Индицирование дифрактограмм. Индицирование кристаллов кубической, тетрагональной и гексагональной сингонии. Определение степени кристалличности полимеров по дифракционным данным. Методы определения величины области когерентного рассеяния (размера кристаллита, ноночастицы). Формула Шерера. Метод Вильямсона-Холла, метод WPPM.</p> <p>3. Монокристалльная рентгеновская дифракция:</p> <p>Общая характеристика метода. Выбор монокристалла. Условия Лауэ и сфера Эвальда. Ряды Фурье. Электронная плотность. Современный монокристалльный эксперимент. Последовательность действий. Сбор отражений. Учет поглощения. Систематические погасания. Индицирование массива данных. Решение и уточнение структуры. Формат выдачи данных. Базы структурных данных. Специальные вопросы рентгеноструктурного анализа. Факторы расходимости и другие критерии характеризующие уточненную структуру. Локализация атомов водорода. Абсолютная конфигурация. Параметры атомных смещений и разупорядочение.</p>	<p>Лекции, семинары лаб.-практ.</p>
7	<p>Основы хроматографических методов</p>	<p>1. Общие принципы хроматографии.</p> <p>Основные параметры удерживания в хроматографии и их физический смысл.</p> <p>2. Классификация хроматографических методов.</p> <p>Техника колоночной хроматографии. Химические методы модификации пористых силикагелей для высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ). Полимерные и углеродные адсорбенты в хроматографии. Колонки с непрерывным (монокристалльным) слоем сорбента.</p> <p>Газовая хроматография. Поликапиллярная газовая хроматография. Хромато-масс-спектрометрия. Хроматография с программированием температуры. Принципы многомерной хроматографии.</p> <p>Принципы градиентной и изократической хроматографии. Принципы обращенно-фазо-</p>	<p>Лекции, семинары лаб.-практ.</p>

		<p>вой и нормально-фазовой ВЭЖХ. Основы ионообменной и ионной хроматографии. Принципы и применение лигандообменной хроматографии. Тонкослойная хроматография. Гельпроникающая хроматография.</p> <p>Хроматография в сверхкритическом флюиде. Основы капиллярного электрофореза.</p>	
8	Элементный микроанализ	<p>1. Введение. Элементный анализ как отдельная область исследования веществ и материалов. История возникновения и развития. Работы Прегля, Дюма, Климовой и Коршун. Аппаратурное обеспечение методик количественного определения С, Н, N, О, S, галогенов, металлов и неметаллов. Требования к точности результатов определения.</p> <p>2. Экспресс-гравиметрия (ЭГ). Определение СН, серы, галогенов и золообразующих элементов. Особенности элементного анализа различных классов ЭОС (производные фтора, бора, кремния, фосфора, ртути-, осмийорганические соединения и др.) Определение нескольких элементов из одной навески.</p> <p>3. Волюмометрия. Особенности определения азота по Дюма в различных классах ЭОС.</p> <p>4. Титриметрия. Определение галогенов и серы по Шенигеру. Новые варианты метода.</p> <p>5. Методы минерализации. Особенности методов минерализации бор-, фтор-, кремний- и фосфорорганических соединений.</p> <p>6. Спектрофотометрия (СФ). Новые варианты СФ определения бора и фтора из одной навески в веществах с различным атомным соотношением В:Ф после сжигания по Шенигеру (ионные жидкости, борфторидные комплексы и др.).</p> <p>7. Атомно-абсорбционная и атомно-эмиссионная спектрометрия. Определение натрия и лития методом АЭС в различных объектах после минерализации пробы по Кьельдалю. Анализ кремнийорганических полимеров.</p> <p>8. Рентгенофлуоресцентный анализ (РФА).</p>	<p>Лекции</p> <p>Лекции, семинары лаб.-практ.</p> <p>Лекции</p> <p>Лекции</p> <p>Лекции, семинары лаб.-практ.</p> <p>Лекции, семинары лаб.-практ.</p> <p>Лекции</p>

	<p>Качественное и количественное определение различных элементов от магния до урана в различных матрицах. Анализ порошков, жидкостей, пленок. Источники ошибок в методе РФА. Безнавесочные варианты метода.</p> <p>9. Автоматические методы элементного органического анализа.</p>	<p>Лекции, семинары лаб.-практ.</p>
--	---	---

5. Образовательные технологии

5.1. В учебном процессе предусмотрено широкое использование активных и интерактивных форм проведения занятий (лекций в диалоговом режиме, компьютерных симуляций, разбора конкретных ситуаций, групповых дискуссий) в сочетании с конкретной научно-исследовательской работой в области химии высокомолекулярных соединений. В рамках дисциплины предусмотрены мастер-классы специалистов.

5.2. Сопровождение преподаваемого материала слайдами, подготовленными с использованием современных компьютерных технологий (программный пакет презентаций Microsoft Office PowerPoint), проецируемых на экран с помощью видеопроектора. Показ компьютерных моделей химических соединений и их спектров. Демонстрация фильмов, посещение лабораторий.

5.3. Использование специального программного обеспечения и интернет-ресурсов для обучения в ходе практических работ.

5.4. Необходима самостоятельная работа: 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.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Пентин Ю.А., Вилков Л.В. Физические методы исследования в химии. Структурные методы и оптическая спектроскопия. М.: Мир, 2006 – 683 с.

2. Шмидт В. Оптическая спектроскопия для химиков и биологов. М.: Техносфера, 2007 – 368 с.
3. Ельяшевич М.А. Атомная и молекулярная спектроскопия. М.: Эдиториал УРСС, 2001 – 896 с.
4. Лебедев А.Т. Масс-спектрометрия в органической химии. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2003 - 493 с.
5. Сычев К.С. Практическое руководство по жидкостной хроматографии. М.: Техносфера, 2010 - 270 с.
6. Фримэн Р. Магнитный резонанс в химии и медицине. М.: КРАСАНД, 2009 - 336 с.
7. Фетисов Г.В. Синхротронное излучение. Методы исследования структуры веществ. М.: Физматлит, 2007 – 671 с.

б) дополнительная литература:

1. Драго Р. Физические методы в химии: в 2 т. Т.1 - М.: Мир, 1981 – 422 с.; т.2 – М.: Мир, 1997 – 486 с.
2. Доменикано А., Харгиттаи И. Молекулярные структуры. М.: Мир, 1997 - 671 с.

Указанная литература имеется в отделении БЕН РАН в ИСПМ РАН или может быть заказана по Межбиблиотечному абонементу.

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Научная электронная библиотека РФФИ www.elibrary.ru, Информационный ресурс для химиков-синтетиков www.reaxys.com, программа для обработки ЯМР спектров Spinworks (<http://www.spin-works.com>), программа для обработки масс-спектров mMass (<http://www.mmass.org>), программа для просмотра, редактирования, обработки и анализа спектральных данных Spectralworks (<http://www.spectralworks.com>), программа для анализа электронной структуры молекул и спектров Chemissian (www.chemissian.com).

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.

г) Фонд оценочных средств

Контрольные вопросы к зачету:

1. Сравнительный анализ методов определения химического строения полимеров. Решаемые задачи.

2. Масс-спектрометрия МАЛДИ. Физические основы метода. Возможности и ограничения. Используемые матрицы. Интерпретация результатов.
3. УФ-спектроскопия. Физические основы метода. Применение для количественного анализа. Ограничения.
4. ИК и КР спектроскопия. Физические основы методов. Возможности и ограничения. Современные варианты реализации. Спектроскопия в режиме нарушенного полного внутреннего отражения. Применение ИК- спектроскопии для количественного анализа. Интерпретация результатов.
5. Спектроскопия ЯМР. Твердотельный режим. Физические основы метода. Возможности и ограничения. Интерпретация результатов.
6. Сравнительный анализ методов исследования структуры полимеров и полимерных материалов. Решаемые задачи.
7. Атомно-силовая микроскопия. Возможности и ограничения. Получаемая информация.
8. Рентгеноструктурный анализ. Дифракция рентгеновских лучей. Основные соотношения. Варианты реализации метода. Используемые аноды.
9. Рентгеноструктурный анализ. Дифракция в больших и малых углах. Определение степени кристалличности. Возможности и ограничения метода. Интерпретация результатов.
10. Оптическая микроскопия в неполяризованном и поляризованном свете. Типичные картины аморфной, кристаллической и жидкокристаллической фаз.
11. Электронная микроскопия - сканирующая и просвечивающая. Разрешение. Подготовка образцов. Возможности и ограничения метода. Воздействие электронного пучка на образец. Критика метода. Дополнительные возможности метода.
12. Применение позитронной аннигиляционной спектроскопии для определения свободного объема в полимерах. Физические основы метода. Возможности и ограничения. Интерпретация результатов.
13. Дифференциальная сканирующая калориметрия. Физические основы метода. Возможности и ограничения. Интерпретация результатов. Определение температуры стеклования. Сравнение значений температуры стеклования, определяемой по ДСК и иными методами. Определение степени кристалличности. Модулированный ДСК, его возможности.
14. Термогравиметрия. Реализация метода. Возможности и ограничения. Определение температуры деструкции.

15.Динамический механический анализ. Варианты реализации. Основные соотношения. Определение температуры стеклования. Амплитуда и частота колебаний.

16.Испытания при растяжении. Основные стандарты. Образцы. Влияние скорости нагружения. Основные соотношения. Расчет истинных напряжений. Понятие прочности. Модуль Юнга, удлинение при разрыве.

17.Испытания при сжатии и трехточечном изгибе. Основные стандарты. Реализация. Требования к образцам.

18.Ударные испытания по Шарли и Изоду. Оборудование. Стандарты. Требования к образцу.

19.Методы исследования фазовых состояний полимерных систем. Возможности и ограничения. Анализ данных.

Критерий выполнения задания - подтверждение ответами контрольных вопросов на знание теоретических основ курса.

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

ИСПМ РАН располагает материально-технической базой, обеспечивающей проведение всех видов теоретической и практической подготовки, предусмотренных учебным планом:

- аудитории для проведения лекций, оснащенные 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;
- в составе имеющегося оборудования в ходе преподавания дисциплины используются следующие приборы:
 - рентгеновский дифрактометр;
 - ЯМР-спектрометр;
 - хроматограф препаративный жидкостный;
 - хроматограф газовый;
 - рефрактометр;
 - вискозиметр;
 - масс-спектрометр;
 - ИК-Фурье-спектрометр;
 - спектрофотометр-флуориметр;

- сканирующий зондовый микроскоп с головками для атомно-силовой и сканирующей туннельной микроскопии;
- поляризационно-оптический микроскоп;
- совмещенный ТГА-ДСК (термогравиметрический анализатор и дифференциальный сканирующий калориметр).

Автор:
д.х.н., в.н.с.

В.Г. Шевченко