**Межфакультетский курс (МФК)**

**МГУ имени М.В.Ломоносова**

**весенний семестр 2020/2021 учебного года**

**Факультет фундаментальной физико-химической инженерии**

Название курса на русском языке: Применение молекулярного конструктора для дизайна функциональных материалов для биомедицины и энергетики

Название курса на английском языке: Molecular constructor for the design of functional materials for biomedicine and energetics

**Аннотация к МФК**

Межфакультетский курс «Применение молекулярного конструктора для дизайна функциональных материалов для биомедицины и энергетики» реализуется по очной и/или заочной форме обучения на русском языке. Предлагаемый курс может быть интересен не только студентам естественнонаучных факультетов (ФФФХИ, Химфака, Физфака, Биофака, ФНМ), но и студентам гуманитарных направлений.

В результате освоения курса студенты ознакомятся с основными принципами дизайна новых функциональных материалов, основанными на молекулярной самосборке. Студенты получат представление об органических материалах, таких как синтетические полимеры, жидкие кристаллы и самоорганизующиеся системы. В рамках данного курса понятия химической физики послужат теоретическим фундаментом для описания новых материалов. Теоретический материал курса будет сопровождаться примерами из современного материаловедения, поясняющими функционирование и соответствующие требования к материалам для таких устройств, как органические солнечные батареи и топливные элементы. Особое внимание будет уделено созданию материалов для биомедицинских изделий, таких как имплантаты для реконструктивной хирургии. В частности, в курсе будут изложены современные подходы создания биомиметических полимерных материалов с программируемыми механическими свойствами для персонализированной медицины.

Студенты также получат представление о современных экспериментальных методах исследования функциональных органических материалов. Обучающиеся будут способны продемонстрировать взаимосвязь фундаментальных основ строения вещества с принципами получения перспективных материалов с заданными свойствами. По окончанию изучения дисциплины студенты должны будут владеть основами методов термического анализа полимеров и функциональных материалов на их основе с возможностью предсказывать конечные свойства новых классов материалов. Также они должны освоить методы исследования структуры различных классов кристаллических и жидкокристаллических органических систем, а также обладать общими представлениями о выборе способов управления процессом структурообразования в мягких средах. В более широком контексте курс ставит перед собой задачу привить учащимся навыки систематического подхода к решению широкого спектра фундаментальных и технологических задач в современных науках о материалах. Одной из задач курса является также освоение соответствующей научной терминологии на английском языке.

**Содержание предлагаемого МФК:**

***Тема 1. Понятие молекулярной самосборки***

*Примеры самособирающихся систем из живой и неживой природы. Основные классы молекул, способных к молекулярной самосборке.*

***Тема 2. Общие сведения о мягких средах***

Понятие полимера, сополимера. Классификация полимеров по химическому строению цепи. Классификация полимеров по надмолекулярному строению. Супрамолекулярная организация полимеров. Механические свойства полимеров.

***Тема 3. Строение частично-кристаллических полимеров***

Кристаллическая структура полимеров. Упаковка цепей в элементарной ячейке. Ламеллярная морфология и строение сферолитов. Кристаллизация полимеров из расплава и из раствора: зародышеобразование, рост, степень кристалличности.

***Тема 4. Создание функциональных ионпроводящих материалов на основе частично-кристаллических полимеров***

Функционирование топливного элемента. Требования к материалам для топливных элементов. Корреляция между структурой и свойствами материалов, обладающих протонной проводимостью.

***Тема 5. Создание функциональных материалов для солнечной энергетики***

Функционирование топливного элемента. Требования к материалам для топливных элементов. Корреляция между структурой и свойствами материалов, обладающих протонной проводимостью.

***Тема 6. Функциональные материалы на основе блочных со-полимеров для биомедицинских применений***

*Структура блочных сополимеров. Понятие микрофазового разделения. Биомиметические и биодеградируемые полимеры. Примеры биомедицинских применений.*

***Тема 7 Дизайн сверхмягких гиперэластичных полимеров для реконструктивной хирургии***

Понятие мягкого материала. Типичная кривая напряжение-деформация. Понятие деформационного упрочнения. Создание сверхмягких гиперэластичных полимеров. Особенности получения синтетических полимеров с адаптивными термическими и механическими свойствами.

***Тема 8. Функциональные материалы на основе жидких кристаллов***

Определение и химическое строение жидких кристаллов. Классификация жидких кристаллов. Фазовая диаграмма и роль метастабильного состояния в фазовом поведении жидких кристаллов. Влияние внешних факторов на процессы формирования жидкокристаллической структуры. Методы характеризации жидкокристаллических материалов. Применение жидких кристаллов.

***Тема 9. Основные экспериментальные методы исследования мягких сред: рентгеноструктурный анализ***

Рентгеноструктурный анализ в больших и малых углах дифракции: принципы и применения. Анализ текстуры полимеров и функциональных материалов на их основе.

***Тема 10. Основные экспериментальные методы исследования мягких сред: термический анализ***

Принцип дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК). Основное уравнение калориметрии. Определение температуры плавления и стеклования полимеров. Нанокалориметрия как новый метод анализа материалов. Преимущества и недостатки нанокалориметрии по сравнению с ДСК. Комбинирование нанокалориметрии с другими экспериментальными методами. Методы компьютерного моделирования для исследования структуры полимерных материалов.

**Типовые вопросы к экзамену**

1. Понятие молекулярной самосборки. Описание наиболее важных самособирающихся систем живой природы.
2. Определение полимера, сополимера. Надмолекулярная структура полимеров.
3. Функциональные материалы для водородной энергетики.
4. Введение в частичнокристаллические полимеры: понятие полимерного кристалла, межфазной границы.
5. Структура полукристаллических полимеров. Упаковка полимерных цепей в элементарной ячейке. Ламеллярная морфология и структура сферолитов.
6. Определение и химическая структура жидких кристаллов. Классификация жидких кристаллов. Фазовая диаграмма и роль метастабильного состояния в фазовом поведении жидких кристаллов.
7. Методы характеризации жидкокристаллических материалов. Применение жидких кристаллов.
8. Влияние геометрического ограничения на формирование структуры кристаллических и жидкокристаллических материалов.
9. Понятие мягких материалов. Сверхмягкие сополимеры.
10. Стратегия создания синтетических биомиметических полимеров, их структура и механические свойства.
11. Рентгеноструктурный анализ в широких и малых углах: принципы и приложения. Текстурный анализ полимеров и функциональных материалов на их основе.
12. Принцип дифференциальной сканирующей калориметрии. Основное уравнение калориметрии. Определение температур плавления и стеклования полимеров.
13. Нанокалориметрия как новый метод анализа мягких веществ. Преимущества и недостатки нанокалориметрии по сравнению с ДСК. Сочетание нанокалориметрии с другими экспериментальными методами.
14. Органические солнечные элементы: конструкция, принцип действия, концепция объемного гетероперехода.
15. Производство органических цеолитов методом «снизу-вверх» с самоорганизацией мезогенов. Возможные области их применения.