

ВОПРОСЫ

для подготовки к государственному экзамену по специальности

04.05.01 «Фундаментальная и прикладная химия»*

Общие разделы

1. Неорганическая химия.

- 1.1. Строение атома, периодическая система элементов, закономерности в изменении радиусов, потенциалов ионизации, сродства к электрону и электроотрицательности атомов.
- 1.2. Основные представления о химической связи. Ковалентная, металлическая, ионная связь. Метод валентных связей, модель Гиллеспи, основы метода молекулярных орбиталей (на примере гомоядерных двухатомных молекул).
- 1.3. Кислотно-основные и окислительно-восстановительные равновесия в водных растворах неорганических электролитов. Описание с использованием термодинамических функций.
- 1.4. Фазовые равновесия в однокомпонентной системе (на примере воды, серы) и двухкомпонентной конденсированной системе (водные растворы, расплавы неорганических веществ).
- 1.5. Металлы 1 и 2 группы. Характерные свойства простых веществ и соединений, общие закономерности в изменении свойств.
- 1.6. Элементы 13 – 17 групп. Характерные свойства простых веществ и соединений, закономерности в изменении свойств по одной выбранной группе.
- 1.7. Переходные элементы (d- и f-). Особенности химии соединений 3d-металлов (степени окисления, магнитные свойства, окраска).
- 1.8. Сравнение физических и химических свойств простых веществ и соединений выбранной группы d-элементов.
- 1.9. Неорганические координационные соединения: строение, изомерия. Описание электронного строения в теории кристаллического поля. Связь электронного строения со свойствами соединений.
- 1.10. Методы синтеза неорганических соединений. Синтез простого вещества (металла) из природного сырья (2 – 3 примера).

2. Аналитическая химия

- 2.1. Кислотно-основное титрование. Сущность метода. Первичные и вторичные стандартные растворы. Кривые титрования. Факторы, влияющие на величину скачка титрования. Кислотно-основные индикаторы.
- 2.2. Комплексометрическое титрование. Сущность метода. Влияние величин констант устойчивости, концентрации компонентов и кислотности среды на величину скачка

* 2023/24 учебный год

титрования. Металлохромные индикаторы. Примеры прямого, обратного и косвенного титрования.

- 2.3. Окислительно-восстановительное титрование. Сущность метода. Факторы, влияющие на величину скачка титрования. Перманганатометрическое, дихроматометрическое, иодометрическое титрование: первичные и вторичные стандартные растворы, способы обнаружения конечной точки титрования.
- 2.4. Сущность гравиметрического метода анализа, преимущества и недостатки. Образование осадка. Условия получения кристаллических и аморфных осадков. Причины загрязнения осадков.
- 2.5. Электрохимические методы анализа. Потенциометрия. Ионметрия. Индикаторные электроды и электроды сравнения. Характеристики ионоселективных электродов.
- 2.6. Атомная спектроскопия. Важнейшие характеристики спектральных линий (положение, интенсивность, ширина). Атомно-эмиссионный и атомно-абсорбционный методы. Сущность методов. Источники возбуждения и атомизации. Качественный и количественный анализ.
- 2.7. Молекулярная спектроскопия. Спектрофотометрический метод анализа. Основной закон поглощения электромагнитного излучения. Молярный коэффициент поглощения. Спектрофотометрические реакции. Основные этапы спектрофотометрического анализа. Примеры практического использования метода.

3. Органическая химия

- 3.1. Электрофильное присоединение к алкенам (Ad E). Общее представление о механизме реакций. Присоединение галогенов и галогеноводородов. Правило Марковникова.
- 3.2. Реакции ароматического электрофильного замещения. Общие представления о механизме реакций. Влияние заместителя на скорость и направление электрофильного замещения.
- 3.3. Классификация механизмов реакций нуклеофильного замещения в алкилгалогенидах. Основные характеристики S N 1, S N 2 реакций.
- 3.4. Альдольно-кетоновая конденсация альдегидов и кетонов в кислой и щелочной среде.
- 3.5. Сложные эфиры. Методы получения: этерификация карбоновых кислот, ацилирование спиртов и их алкоголятов ацилгалогенидами и ангидридами, алкилирование карбоксилат-ионов, реакции кислот с диазометаном.

4. Коллоидная химия

- 4.1. Межмолекулярные взаимодействия и их связь с поверхностной энергией.
- 4.2. Смачивание и капиллярные явления, их фундаментальные и прикладные применения.
- 4.3. Методы получения дисперсных систем, пути управления дисперсностью.
- 4.4. Устойчивость дисперсных систем, пути управления устойчивостью.
- 4.5. Адсорбция поверхностно-активных веществ.
- 4.6. Мицеллообразование в растворах поверхностно-активных веществ.

5. Высокомолекулярные соединения

- 5.1. Специфические свойства полимеров, которые их резко отличают от низкомолекулярных веществ. Классификация полимеров.
- 5.2. Молекулярные массы и молекулярно-массовое распределение в полимерах. Способы регулирования молекулярной массы полимеров и скорости реакции при их синтезе на конкретном примере радикальной полимеризации.
- 5.3. Сравнительный анализ (принципиальное различие) реакций радикальной полимеризации и поликонденсации на конкретных примерах.
- 5.4. Все возможные конфигурационные изомеры для макромолекул виниловых полимеров (на конкретном примере). Стереорегулярные макромолекулы. Приведите 2-3 конкретных примера их синтеза.
- 5.5. Гибкость макромолекул. Возможные различные конформационные состояния макромолекул. Какие факторы определяют конформацию макромолекул и как количественно ее оценить.
- 5.6. Краткая характеристика фазовых и физических (релаксационных) состояний полимеров и механизмы реализации деформации в этих состояниях полимеров.
- 5.7. Кристаллические полимеры. Необходимые и достаточные условия кристаллизации синтетических полимеров. Структура и особенности их механических свойств.
- 5.8. Сравнительный анализ свойств разбавленных растворов полимеров и растворов низкомолекулярных соединений. Явление осмоса. Термодинамическое качество растворителей в растворах полимеров.

6. Современные физические методы исследования структуры и состава вещества

- 6.1. Дифракция рентгеновских лучей. Закон Вульфа-Брэгга. Способы получения дифракционной картины: порошковая дифрактометрия (рентгенофазовый анализ), монокристалльный метод (рентгеноструктурный анализ), метод Лауэ.
- 6.2. Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия (РФЭС). Химический сдвиг для фотоэлектронов. Химический сдвиг ОЖЕ-линий.
- 6.3. Аналитические возможности масс-спектрометрии. Интерпретация масс-спектров. Типы ионов в масс-спектрах. Молекулярный ион. Основные этапы интерпретации масс-спектров соединений.
- 6.4. Просвечивающая электронная микроскопия (ПЭМ). Режимы работы. Светлое поле. Темное поле. ПЭМ высокого разрешения. Режим дифракции. Сканирующая ПЭМ. Z-контраст. Рентгеновский микроанализ. Спектроскопия характеристических потерь энергии электронов.
- 6.5. Сканирующая электронная микроскопия (СЭМ) на отражение. Области генерации отраженных и вторичных электронов, а также электромагнитных волн. Рентгеноспектральный элементный анализ.

7. Химические основы биологических процессов

- 7.1. Первичная структура нуклеиновых кислот. Вторичная структура нуклеиновых кислот, физические свойства олигонуклеотидов. Конформации пар оснований, шаг пары оснований. Формы дуплексов нуклеиновых кислот. Плавление и ренатурация, отжиг

нуклеиновых кислот. Линейная, кольцевая и суперскрученная ДНК и различия их физических свойств.

7.2. Первичная структура белка. Пептидная связь, полипептидная цепь. Виды классификации аминокислот, виды классификации боковых радикалов аминокислот. Кислотно-основные свойства аминокислот и белков, изоэлектрическая точка. Гидрофобность и гидрофильность аминокислот и белков.

7.3. Ферменты как биологические катализаторы. Основные типы ферментов. Ингибиторы и активаторы ферментов. Уравнение Михаэлиса-Ментен, константа Михаэлиса. Механизм ферментативного катализа. Понятие о фермент-субстратном комплексе. Обратимость ферментативных реакций. Необратимые и обратимые ингибиторы ферментов.

8. Технологии перспективных функциональных материалов

8.1. Физические методы получения покрытий. Методы, использующие термическое испарение. Магнетронное распыление. Типы магнетронных систем и принципы их работы. Получение покрытий сложного состава магнетронным распылением. Реактивное распыление. Распыление диэлектриков.

8.2. Методы осаждения толстых покрытий. Плазматроны, плазменное напыление покрытий. Теплозащитные покрытия. Аэрозольное осаждение в вакууме. Трафаретная печать. Использование вращающейся подложки (spin coating method)

Разделы по профилям

профиль «Физико-химическая инженерия биосистем»

1. Рецепторы, связанные с тримерными G-белками. Рецепторные тирозинкиназы и запуск MAP-киназного каскада. Рецептор-ассоциированные тирозинкиназы и работа сигнального пути Jak-STAT. Рецепторные серин/треониновые протеинкиназы и работа сигнального пути Smad. Ядерные рецепторы: структура и механизмы активации.
2. Клеточный цикл. Фазы клеточного цикла. Регуляция прохождения клеточного цикла: циклины и циклин-зависимые протеинкиназы. Контрольные точки клеточного цикла. Белок pRB и его регуляция, связь с факторами транскрипции E2F. Механизм p53-зависимой остановки клеточного цикла при повреждениях ДНК.
3. Клеточная гибель. Некроз и апоптоз, их морфологические различия. Функции апоптотической гибели клеток в развитии организма, тканевом гомеостазе, работе иммунной системы. Запуск, компоненты и механизмы реализации внешнего (рецепторного) и внутреннего (митохондриального) путей апоптоза.
4. Ангиогенеза и его роль в развитии опухоли. Различия сосудистой сети в опухоли и в нормальной ткани. Фактор роста VEGF: механизм действия, рецептор, сигнальные пути и процессы, которые активирует VEGF. Принципы действия препаратов для подавления ангиогенеза: препараты на основе антител, препараты на основе малых молекул.
5. Стероидные гормоны, путь синтеза стероидных гормонов до кортикостероидов и половых гормонов. Механизм действия стероидных гормонов. Типы рака молочной железы. Способы терапии гормонозависимых типов рака молочной железы.
6. Понятие терапевтической мишени. Классы терапевтических мишеней, характеристики трех основных классов терапевтических мишеней. Разработка лекарственного средства «от мишени». Идентификация мишени, применение микрочипов олигонуклеотидов. Валидация мишени: основные подходы. Принципы генной инженерии. Принцип метода генного нокаута.
7. Оптимизация соединений-лидеров. Процессы, определяющие фармакокинетику соединения. Биодоступность. Липофильность: метод определения, связь с биологическими свойствами. Оптимизация липофильности, пределы оптимизации. Молекулярная масса как критерий оптимума лекарственного вещества. «Правила пяти» Липинского.
8. Цитохром С оксидаза. Электронтранспортная цепь митохондрий. Роль железа и меди в действии цитохром С оксидазы.
9. Соединения металлов как противоопухолевые лекарственные препараты.
10. Контрастные реагенты на основе гадолиния, марганца, технеция и рения.
11. Понятие о лекарственной устойчивости. Виды лекарственной устойчивости.
12. Механизм связывания субстратов в активном центре ферментов. Концепция структурного соответствия. Свободная энергия сорбции субстрата на ферменте как источник ускорения химической реакции. Предельные значения эффектов ускорения за счет сближения и ориентации реагентов во внутримолекулярной реакции. Изменения в

структуре белка и лиганда, сопровождающие сорбцию. Механизм напряжения и концепция индуцированного соответствия. Комплементарность активного центра фермента переходному состоянию субстрата. Конформационная подвижность. Аллостерические ферменты.

13. Репликация ДНК. Полуконсервативный механизм репликации. Общие свойства ДНК-полимераз, общая схема полимеризации ДНК. Точка начала репликации, репликационная вилка, направление репликации. Репликация кольцевой и линейной ДНК, механизм репликации «катящееся кольцо». Лидирующая и отстающая цепи ДНК, фрагменты Оказаки. Структура репликационной вилки. Этапы репликации. Расплетание ДНК, синтез праймеров, восстановление рибонуклеотидов, ферменты синтеза лидирующей и отстающей цепи.
14. Скользящий зажим, структура и цикл работы. Корректирующая активность ДНК-полимераз. Проблема концов хромосом, теломеры и теломераза. Полимеразная цепная реакция.
15. Генетический код. Трансляция. Биологическая роль. Рибосома. Структура и функции. Активация аминокислот. Понятие гена. Регуляторные элементы. Оперон, работа Lac-оперона.
16. Общие свойства РНК-полимераз, общая схема полимеризации РНК. РНК-полимеразы прокариот и эукариот – структурные и функциональные различия. Структура промотора, элементы «-10» и «-35», ТАТА-бокс. Транскрипционный комплекс – сборка и структура. Инициация транскрипции, транскрипционная пауза. Элонгация транскрипции, рабочий цикл РНК-полимеразы. Терминация транскрипции у прокариот – Rho-зависимая и Rho-независимая терминация. Терминация транскрипции у эукариот. Процессинг мРНК, кэпирование, полиаденилирование, сплайсинг. Экзон-интронная структура генов эукариот.
17. Вторичная структура белка: альфа-спираль, бета-складчатые слои. Надвторичные структуры (структурные мотивы) белка. Третичная структура белка. Домены, фолды. Четвертичная структура белка. Природа связей, определяющих структуру белковой молекулы на разных уровнях. Глобулярные и фибриллярные белки.
18. Физические свойства нуклеиновых кислот. Оптические свойства. Плавающая плотность нуклеиновых кислот. Линейная, кольцевая и суперскрученная ДНК и различия их физических свойств, влияние интеркаляторов на константу седиментации ДНК.
19. Ферменты как биологические катализаторы. Основные типы ферментов. Принципы классификации и номенклатура ферментов. Ингибиторы и активаторы ферментов. Необратимые и обратимые ингибиторы ферментов. Конкурентное и неконкурентное ингибирование. Кинетические закономерности действия ингибиторов. Аллостерические регуляторы и аллостерические ферменты.

профиль «Новые технологии глубокой переработки углеводородного сырья»

1. Классификация, состав и свойства нефтей и нефтепродуктов.
2. Основные схемы ректификации нефти и продукты первичной переработки.
3. Процессы производства высокооктановых компонентов бензинов.
4. Гидроочистка. Особенности процессов гидроочистки бензиновых фракций и средних дистиллятов.
5. Основные процессы переработки нефтяных остатков.
6. Каталитический крекинг: химизм, механизм. Эволюция реакционных систем для каталитического крекинга.
7. Базовые полупродукты нефтехимии и процессы их получения. Олефины, метанол и ароматические соединения.
8. Особенности технологического оформления процессов каталитической полимеризации олефинов.
9. Особенности технологического оформления процессов получения эластомеров на примере бутадиеновых каучуков.
10. Особенности технологического оформления процессов получения поликонденсационных полимеров на примере полиэтилентерефталата.
11. Процессы гидрирования и дегидрирования в современных химических технологиях. Гидрирование ароматических соединений. Получение анилина. Дегидрирование этилбензола и пропана.
12. Процессы конверсии углеводородов с получением синтез-газа. Паровая, парокислородная, углекислотная конверсия и парильное окисление.
13. Возможности использования CO₂ для синтеза химических продуктов. Гидрирование CO₂. Реакции карбоксилирования.
14. Окисление метана и легких алканов. Механизм и основные стадии.
15. Теория теплового взрыва. Физика и основные понятия. Концентрационные пределы воспламенения легких углеводородов.
16. Пиролиз метана и легких алканов. Процессы получения ацетилена и технического углерода.
17. Прямое окисление метана в метанол. Механизм процесса и оптимальные условия. Проточный и циркуляционный режимы процесса.
18. Конверсия природного газа в синтез-газ. Получение водорода. Получение синтетических углеводородов методом Фишера-Тропша.
19. Промышленные процессы на основе синтез-газа. Синтез аммиака. Синтез метанола.
20. Окислительная конденсация метана (ОКМ) в этилен. Процессы конверсии метанола в этилен (МТО) и пропилен (МТР).

21. Правило фаз (открытые системы) для многокомпонентных систем с учетом поверхностного натяжения и без.
22. Методы расчета вязкости и межфазных равновесий UNIFAC и UNIFAC-VISCO, представление о "растворе групп", разбиение на члены разного физико-химического характера, сходства и различия.
23. Газовая хроматография. Основные хроматографические параметры. Требования к подвижным и неподвижным фазам в газовой хроматографии. Основные типы детекторов. Примеры практического использования методов газовой хроматографии.
24. Жидкостная хроматография. ВЭЖХ. Подвижные и неподвижные фазы. Детекторы. Примеры практического использования метода.

профиль «Новые энергетические технологии»

1. Принципы работы солнечной батареи. КПД преобразования солнечной энергии

(Полупроводники и их свойства: зонная структура и дефекты, электропроводность, подвижность и времена жизни носителей заряда, коэффициент оптического поглощения. Способы исследования свойств полупроводников. Гомогенный переход Шокли, гетеропереходы, p-i-n переходы, диоды Шоттки. Предел Шокли-Квиссера. Омические контакты. Вольтамперные характеристики солнечного элемента. КПД преобразования солнечной энергии.)

2. Солнечные батареи на основе кристаллического и аморфного кремния

(Кремний как материал для солнечных батарей: основные характеристики. Metallургический кремний. Способы получения поликристаллического кремния высокой чистоты: Сименс-процесс, Коматцу-процесс, Этайл корпорейшн – процесс. Способы получения пластин из моно- и мультикристаллического кремния: Метод Чохральского и метод Бриджмена, метод литья с медленным охлаждением, резка слитков из кремния. «ленточный» кремний (ribbon silicon). Основные типы конструкций солнечных батарей на основе кристаллического кремния. Основные этапы получения солнечных элементов из кристаллических пластин. Солнечные элементы на основе аморфного кремния: устройство, методы получения a-Si, эффект Стеблера-Вронского, каскадные солнечные элементы на основе a-Si. HIT-устройства: структура и основные характеристики, другие комбинированные устройства. Области применения солнечных батарей на основе кристаллического и аморфного кремния. Преимущества и недостатки.)

3. Солнечные батареи на основе соединений группы АІІІВV

(Общая характеристика полупроводников группы АІІІВV. Методы получения пленок соединений группы АІІІВV. Основные типы солнечных элементов: устройства, слои которых имеют согласованные параметры кристаллической решетки слоев (монокристаллические устройства), метаморфные солнечные элементы, устройства с квантовыми ямами, устройства с механически соединенными гетеропереходами. Туннельные диоды в солнечных элементах. Устройства на жестких германиевых или кремниевых подложках. Гибкие солнечные элементы (технология «lift-off»). Основные области применения солнечных элементов на основе соединений группы АІІІВV. Преимущества и недостатки. Солнечные концентраторы.)

4. Солнечные батареи на основе тонких поликристаллических пленок. Устройства на основе теллурида кадмия

(Поликристаллические и эпитаксиальные слои: основные отличия. Конструкции «superstrate» и «substrate»: материалы для контактов, поглощающего слоя, буферного слоя и оптического окна. ТСО и их разновидности. Антиотражательные покрытия. Требования, предъявляемые к слоям солнечного элемента. Вакуумные методы получения тонких пленок: резистивное испарение, магнетронное напыление, электроннолучевое испарение. CdTe как материал для солнечных батарей: основные свойства. Методы получения пленок CdTe: CSS и PVD, другие методы. Общие характеристики солнечных элементов на основе теллурида кадмия в конструкции «superstrate» и «substrate». Активация пленок теллурида кадмия. Тандемные солнечные элементы на основе CdTe. области применения солнечных элементов на основе CdTe. Преимущества и недостатки солнечных батарей на основе CdTe.)

5. Тонкопленочные солнечные батареи на основе халькопиритов CIGS, кестеритов CZTS(Se) и других четверных соединений меди.

(CIGS как материал для солнечных батарей: кристаллическая структура, оптические и электрофизические свойства. Конструкция солнечных элементов на основе CIGS или CZTS(Se). Методы получения пленок CIGS: «3-stage»- процесс и PVD, другие методы. Легирование ионами щелочных элементов. Гибкие солнечные батареи на основе CIGS. Преимущества и недостатки солнечных батарей на основе CIGS. Основные области применения. CZTS(Se). как материал для солнечных батарей: кристаллическая структура, оптические свойства. Методы получения пленок CZTS(Se). Преимущества и недостатки солнечных батарей на основе CZTS(Se). Солнечные батареи на основе других четверных соединений меди: примеры)

6. Водородная энергетика: актуальность и концепция, составные части. Производство водорода: настоящее и будущее. Хранение и транспортировка водорода: способы и проблемы, проблемы безопасности.
8. Низкотемпературные и высокотемпературные топливные элементы: принципы работы.
9. Водородное материаловедение: особые требования к конструкционным материалам и вопросы безопасности.
10. Водородные и металлгидридные технологии: существующие и проблемы коммерциализации.
11. Удельная электропроводность в твердых телах и основные факторы, влияющие на нее. Ионные кристаллы и твердые электролиты.
12. Типы разупорядоченности в ионных кристаллах. Влияние типа разупорядоченности на электропроводность. Примеры соединений с различными типами разупорядоченности ионной подрешетки.
13. Твердотельные химические источники тока: преимущества твердотельной конструкции ячейки, требования к функциональным материалам. Основные проблемы, возникающие при создании твердотельных источников тока.
14. Высокотемпературные химические источники тока с твердыми электролитами: натрий-серный аккумулятор и аккумулятор типа ZEBRA. Устройство, принцип действия, основные технические характеристики. Достоинства и недостатки.
15. Механизм электродной реакции. Поляризационная кривая электрода. Стационарный режим процесса. Области потенциалов предельного диффузионного тока и кинетики замедленного разряда на вольтамперных кривых. Перенос вещества в электролите. Потоки вещества. Диффузионно контролируемый процесс. Предельный диффузионный ток.
16. Напряжение разомкнутой цепи. Электродный потенциал при прохождении тока. Концентрационная и активационная поляризации. Стационарный и равновесный потенциал. Ток обмена и его зависимость от концентрации. Уравнение для напряжения ХИТ и электролизера.
17. Общее кинетическое уравнение для потока вещества. Скорость реакции переноса заряда. Обратимые реакции. Большие и малые поляризации.
18. Скорость реакции переноса заряда. Общий и парциальные токи реакции. Общее кинетическое уравнение для необратимых процессов. Большие и малые поляризации. Основные характеристики ХИТ.

19. Типы электролитов и электроды в химических источниках энергии. Виды электродов. Конструкционные особенности. Газовые электроды (водородный, кислородный). Особенности пористых электродов. Особенности неводных, полимерных и твердых электролитов.
20. Ионисторы. Типы. Емкость двойного слоя. Электрохимические реакции на поверхности. Применение.
21. Первичные источники энергии. Преимущества. Недостатки. Характеристики. Основные и побочные реакции. Типы устройств и их применение.
22. Аккумуляторы и аккумуляторные батареи. Типы аккумуляторов. Устройство. Принципы работы. Причины саморазряда. Литий-ионные и постлитиевые аккумуляторы – особенности. Редокс-батареи. Особенности работы редокс-батарей и их характеристики.
23. Классификация топливных элементов. Твердополимерные топливные элементы (ТПТЭ). Принципы и условия работы. Виды топлив. Реакции. Катализаторы. Устройство. Причины деградации.
24. Твердооксидные топливные элементы (ТОТЭ): принцип работы, основные элементы. Типы батарей ТОТЭ. Требования к батареям ТОТЭ. Причины деградации электродов. Способы оценки деградации электродов в электрохимических источниках энергии.

профиль «Инженерное материаловедение частично упорядоченных, упорядоченных и мягких сред»

1. Основные состояния полимерного тела: стеклообразное, высокоэластическое, расплав. Термомеханическая кривая, температура стеклования, плато высокоэластичности. Природа высокоэластического состояния.
2. Классификация способов проведения полимеризации, их преимущества и недостатки. Полимеризация в массе и растворе: инициирование радикальной полимеризации, мономеры, эффект автоускорения, неизотермичность полимеризационных процессов.
3. Молекулярно-массовое распределение и кинетика формирования макромолекул в ступенчатых процессах полимеризации. Зависимость ММ от условий проведения реакции. Способы регулирования ММ и функциональности в ступенчатых процессах полимеризации при синтезе олигомеров методами ступенчатой полимеризации.
4. ИК-спектроскопия полимеров. Общие положения. Применение метода ИК-спектроскопии для анализа состава и структуры полимеров. Мониторинг процессов образования полимеров методом ИК-спектроскопии. НПВО.
5. Способы определения ММ и ММР полимеров и олигомеров. Основы жидкостной хроматографии полимеров. Эксклюзионная (гель-проникающая) хроматография – основной метод анализа ММР. Калибровка хроматографических колонок. Хроматографические детекторы.
6. Углеродные нанонаполнители (фуллерен, углеродные нанотрубки, графеновые наночастицы). Основные понятия и определения. Строение, история открытия, способы получения, применение. Полимерные нанокомпозиты с графеновыми наноструктурами. Примеры получения и применения. Сравнение методов.
7. Определение термина композиционный материал. Классификация, общие представления о полимерных композиционных материалах, компоненты и их функции в ПКМ.
8. Металлополимеры: общая характеристика, методы получения. Классификация металлосодержащих мономеров. Природа связи металл-лиганд. Реакционная способность кратной связи в металломономере, сопряженной с атомом металла.
9. Механическое поведение полимеров. Типы полимеров по механическому поведению. Методы изучения механических свойств полимеров и ПКМ.
10. Удельная прочность материалов. Определение и методы повышения удельной прочности. Композитные материалы. Сверхтвердые материалы на основе элементарных веществ. Углеродные волокна. Сверхтвердые материалы на основе тугоплавких соединений
11. Релаксация деформации и релаксация напряжения в синтетических полимерах.
12. Термомеханический и динамометрический методы исследования полимеров.
13. Долговечность полимерных материалов. Пластификация полимеров.
14. Привитые и блок-сополимеры. Реакции синтеза и особенности физико-механических свойств.

15. Классификация полиэлектролитов и особенности свойств водных и водно-солевых растворов полиэлектролитов.
16. Жаропрочные сплавы. Суперсплавы. Высокоэнтропийные сплавы. Метало-керамические композиты и композиты на основе керамик. Умные материалы. Самозалечивание.
17. Вещества при высоких статических давлениях. Принцип действия алмазных наковален. Чем ограничено максимальное давление, создаваемое алмазными наковальнями? Метрология давления.
18. Источники рентгеновского излучения, типы источников. Коэффициент полезного действия рентгеновской трубки Синхротрон. Генерация излучения в синхротроне. Свойства, воздействие на материалы и применение рентгеновских лучей.
19. Генерация когерентного электромагнитного излучения. Лазеры. Аддитивные технологии. Принципы создания лазерных пучков сверхбольшой мощности. Релятивистское и ультрарелятивистское излучение. Инерциальный термоядерный синтез.
20. Порог распыления. Характерная энергия частиц. Энергия смещения. Пара Френкеля. Фокусоны и краудионы. Радиационные повреждения. Радиационный рост и радиационное распухание.
21. Одностенные и многостенные углеродные нанотрубки. Физические и химические методы получения нанотрубок. Каталитические методы получения одностенных нанотрубок. Массивы нанотрубок. Строение одностенных нанотрубок. Структура и свойства. Индексы хиральности. Однослойный и многослойный графен. Свойства графенов и перспективы применения.
22. Физико-химические основы синтеза фуллеренов. Электродуговой и лазерный метод синтеза: достоинства и недостатки. Химические методы синтеза фуллеренов: неполное сгорание, пиролиз. Прямая сборка при быстром пиролизе (FVP) из плоского прекурсора.
23. Химическое осаждение пленок и покрытий (CVD). Физико-химические процессы, лежащие в основе CVD. Виды CVD, процессы активации химических реакций. Химическое осаждение атомарных слоев (метод ALD). Основные операции метода ALD.
24. Химико-термическая обработка. Диффузионные покрытия, методы получения. Цементация стали. Азотирование газовое и в тлеющем разряде. Модификация поверхностных слоев ионной имплантацией. Ограничения по максимальной концентрации имплантируемого вещества.