

**Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Московский физико-технический институт  
(национальный исследовательский университет)»**

**УТВЕРЖДЕНО**

**Директор физтех-школы  
электроники, фотоники и  
молекулярной физики  
А.С. Батурин**

	<b>Рабочая программа дисциплины (модуля)</b>
<b>по дисциплине:</b>	Тонкий органический синтез в лаборатории и промышленности
<b>по направлению:</b>	Прикладные математика и физика
<b>профиль подготовки:</b>	Физика перспективных технологий: альтернативная энергетика, научное программирование и функциональные материалы Физтех-школа Электроники, Фотоники и Молекулярной Физики кафедра химической физики функциональных материалов
<b>курс:</b>	4
<b>квалификация:</b>	бакалавр

Семестры, формы промежуточной аттестации:

7 (осенний) - Дифференцированный зачет

8 (весенний) - Экзамен

Аудиторных часов: 60 всего, в том числе:

лекции: 60 час.

семинары: 0 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 90 час.

Подготовка к экзамену: 30 час.

Всего часов: 180, всего зач. ед.: 4

Программу составили:

В.В. Новиков, д-р хим. наук

А.А. Анисимов, канд. хим. наук

Программа обсуждена на заседании кафедры химической физики функциональных материалов 02.03.2023

## Аннотация

Курс предназначен для ознакомления студентов с работой с высоковакуумными системами и с препаративными хроматографическими методами для очистки органических соединений, основными принципами разделения на колонках и других препаративных установках, новыми подходами к сублимации и кристаллизации органических соединений, принципами кинетических исследований протекания реакций.

### 1. Цели и задачи

#### Цель дисциплины

Ознакомление обучающихся с основными аспектами органического синтеза, используемого в современной промышленности.

#### Задачи дисциплины

Формирование базовых знаний и представлений об органическом синтезе, используемом в современной промышленности, различных методах и их масштабировании.

### 2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ПК-1 Способен планировать и проводить научные эксперименты (в избранной предметной области) и (или) теоретические (аналитические и имитационные) исследования	ПК-1.3 Владеет культурой постановки научной задачи и моделирования естественнонаучных объектов и систем
	ПК-1.5 Владеет навыками безопасной работы с современными научными приборами и другим экспериментальным оборудованием
	ПК-1.6 Знает основные правила поведения и работы в современной научной лаборатории
	ПК-1.7 Способен оценивать требуемые ресурсы (материальные и временные) для планирования и проведения научного эксперимента
ПК-3 Способен выбирать и применять подходящее оборудование, инструменты и методы исследований для решения задач в избранной предметной области	ПК-3.1 Знает принципы работы и диапазоны рабочих параметров используемого научного оборудования
	ПК-3.2 Знает области и критерии применимости используемых теоретических подходов и умение оценивать точность приближенных аналитических методов вычислений
ПК-4 Способен критически оценивать применимость используемых методик и методов	ПК-4.3 Способен обосновать причинно-следственные отношения используемых понятий и моделей
	ПК-4.2 Знает источники происхождения и умеет производить оценку погрешности измерений и достоверности экспериментальных результатов

### 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- теоретические основы органического синтеза в лаборатории и промышленности и их отличия;
- физические и химические принципы работы промышленного оборудования и лабораторных приборов органического синтеза;
- специфику различных физико-химических методов органического синтеза вещества и области их применимости;
- основные методы анализа физико-химических параметров веществ, полученных в ходе органического синтеза;
- критерии оценки статистической значимости экспериментальных данных.

уметь:

- планировать стратегию лабораторного и промышленного синтеза вещества;
- планировать стратегию установления строения синтезированного вещества;
- сочетать различные методы синтеза и последующего анализа вещества;
- использовать современные приборы и методики, проводить и организовывать эксперименты, готовить образцы для проведения измерений
- обрабатывать экспериментальные данные, полученные с помощью физико-химических методов исследования вещества.

владеть:

- методологией использования современных методов органического синтеза в лабораторных и промышленных условиях, а также физико-химических методов изучения строения полученных веществ;
- практическими навыками использования современных приборов и методик для органического синтеза химических соединений различной природы, проведения и организации экспериментов и испытаний, масштабирования от лабораторного синтеза до промышленного.
- методологией сопоставления, критической интерпретации и обработки массива данных, полученных всей совокупностью использованных физико-химических методов исследования строения синтезированного вещества.

#### 4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

##### 4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№	Тема (раздел) дисциплины	Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час.			
		Лекции	Семинары	Лаборат. работы	Самост. работа
1	Основные положения и понятия современного органического синтеза	4			8
2	Основы квантовой химии I. Теория симметрии в органической химии	4			8
3	Основы квантовой химии II. Приближения к решению уравнения Шредингера для многоэлектронных систем	4			8
4	Основы квантовой химии III. Полуэмпирические и эмпирические методы решения	4			8
5	Ассиметричный синтез и катализ	6			10
6	Металлокомплексный катализ I	4			10
7	Металлокомплексный катализ II	4			8
8	Природные соединения	4			4
9	Нефтехимический синтез	4			5
10	Ретросинтетический анализ I	4			4
11	Ретросинтетический анализ II	4			5
12	Биомедицинская химия I	4			4
13	Биомедицинская химия II	4			4
14	Промышленный органический синтез	6			4
Итого часов		60			90
Подготовка к экзамену		30 час.			
Общая трудоёмкость		180 час., 4 зач.ед.			

## 4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

Семестр: 7 (Осенний)

### 1. Основные положения и понятия современного органического синтеза

История развития органического синтеза до настоящего времени. Проблемы и основные направления современного органического синтеза. Методологические аспекты. Стратегии синтеза: конвергентный и дивергентный подходы, использование домино-реакций. Оптимизации стадий, расчет затрат и эффективности. Связь между лабораторным синтезом и промышленным. Понятие функций и функционализации органических соединений.

### 2. Основы квантовой химии I. Теория симметрии в органической химии

Понятия симметрии, диссимметрии, асимметрии. Типы симметрии: простые и комбинированные. Номенклатура симметрии в молекулах. Точечные группы симметрии. Нахождение точечных групп для конкретных молекул. Математический аппарат теории групп. Матрицы, представления групп, таблицы характеров. Приведение представления. Примеры построения молекулярных орбиталей из теории групп. Электронное строение молекул и молекулярная симметрия. Нарушение симметрии. Эффект Яна-Теллера. Химические реакции и молекулярная симметрия. Сохранение орбитальной симметрии. Правило Вудворта-Хоффмана. Постулат Хэммонда. Симметрия переходных состояний. Примеры сохранения и нарушения молекулярной симметрии в интермедиатах.

### 3. Основы квантовой химии II. Приближения к решению уравнения Шредингера для многоэлектронных систем

Основные постулаты. Простейшие одномерные задачи и выводы из них. Эффект туннелирования. Матричное представление операторов. Задача о гармоническом осцилляторе. Атом водорода и решения уравнения Шредингера. Приближенные методы решения задач квантовой механики. Вариационный метод. Стационарная теория возмущений. Нестационарные задачи квантовой механики. Квантовая механика и теория симметрии: законы сохранения симметрии на примере молекулярной спектроскопии. Связь между строением молекул и электронными спектрами.

### 4. Основы квантовой химии III. Полуэмпирические и эмпирические методы решения

Молекулярное уравнение Шредингера. Адиабатическое приближение. Электронное волновое уравнение. Метод самосогласованного поля. Симметрия волновых функций и орбиталей. Полуэмпирические и эмпирические методы в квантово-химических расчетах молекул: особенности выбора. Орбитали слэйтеровского и гауссовского типа. Базисные наборы. Метод функционала плотности. Применение метода и выбор базиса в зависимости от поставленной задачи. Обзор программ для квантово-химических расчетов. Информация, получаемая из расчетных данных. Понятие о методе молекулярной динамики и методе Монтэ-Карло.

### 5. Асимметричный синтез и катализ

Энантиотопные и диастереотопные атомы, группы и поверхности. Синтезы в хиральных средах. "Абсолютный" асимметрический синтез. Асимметрическая индукция аксиальной и планарной хиральности. Прохиральные субстраты и прекатализаторы. Хиральные смолы. Использование хиральных проточных реакторов в органическом синтезе. Использование хиральных природных прекурсоров. Применение хиральных сорбентов для проведения хроматографической очистки и разделения. Определение оптической чистоты продукта. Энантиомерный избыток. Примеры проведения наиболее значимых реакций на хиральных катализаторах.

### 6. Металлокомплексный катализ I

Электронное строение металлокомплексных соединений на примере наиболее значимых представителей переходных металлов. Теория Поля Лигандов и построение молекулярных орбиталей. Роль симметрии. Наиболее важные типы лигандов в современном синтезе. Влияния лигандов на активность катализатора в целом. Элементарные реакции металлокомплексного катализа. Механизм реакций кросс-сочетания.

## 7. Металлокомплексный катализ II

Реакции кросс-сочетания: Сузуки, Стилле, Соногаширы, Кумады, Ямамото. Разбор механизмов и примеры. Реакция прямой C-C и C-H активации. Реакции гетероатомного кросс-сочетания: аминирование по Бахвальду, гидросилилирование. Реакция метатезиса и метатезисной полимеризации с раскрытием цикла (ROMP). Ее роль в синтезе полимеров. Металлокомплексный катализ на примере наиболее значимых промышленных процессов: Гомогенное гидрирование, Гидроформилирование, Полимеризация олефинов.

Семестр: 8 (Весенний)

## 8. Природные соединения

Наиболее значимые виды природных соединений. Классификация по строению, функциональности, биологической активности. Наиболее значимые представители природных соединений: Полисахариды, пептиды, терпеноиды, липиды, алкалоиды, порфирины и родственные соединения. Методы извлечения функциональных природных соединений из биомассы. Использование и переработка лигнина, гуминовых кислот. Использование природных соединений в качестве альтернативы мономерам, получаемым из нефти и природного газа. Концепция «устойчивого развития» общества на примере использования «зеленой» химии природных соединений. Пути использования природных соединений переменного состава для получения новых материалов

## 9. Нефтехимический синтез

Сырая нефть и ее характеристики. Общая схема переработки нефти. Первичная переработка нефти. Вторичная нефтепереработка. Процессы, проводимые с целью повышения выхода легкокипящих фракций за счет высококипящих (крекинг). Процессы, проводимые с целью изменения углеводородного состава сырья (риформинг). Процессы синтеза индивидуальных углеводородов (алкилирование). Процессы удаления из нефтепродуктов примесей (гидроочистка). Каталитические процессы переработки. Виды катализаторов и требования к ним. Использование газовых фракций и попутного газа в нефтехимическом и органическом синтезе. Синтез полимеров на основе нефтехимического сырья.

## 10. Ретросинтетический анализ I

Основные понятия ретросинтетического анализа. Понятие об синтонах, ретронах, трансформах. Ретросинтетическое дерево. Донорные и акцепторные синтоны.

## 11. Ретросинтетический анализ II

Изучение и систематизация основных видов синтонов в современном органическом синтезе. Сопоставление наиболее значимых реакций с трансформами. Решение конкретных синтетических задач методом ретросинтетического анализа.

## 12. Биомедицинская химия I

Изучение и систематизация основных видов синтонов в современном органическом синтезе. Сопоставление наиболее значимых реакций с трансформами. Решение конкретных синтетических задач методом ретросинтетического анализа.

## 13. Биомедицинская химия II

Методы дизайна химических структур и библиотек соединений. Понятие о трансформации структур соединений-лидеров. Биоизостерный подход. Методы структурного подбора. Автоматизированные системы генерации структур и библиотек химических соединений. Примеры современных программных систем. Типовые методы органического синтеза, применяемые для создания библиотек химических соединений, предназначенных для биологического скрининга. Технологии параллельного синтеза. Фармакокинетика и метаболизм (ADME-свойства) лекарственных веществ. Методы прогнозирования и дизайна. Оптимизация физико-химических и фармакологических свойств лекарств. Пролекарства. Системы доставки, в том числе таргетные. Увеличение растворимости субстанций. Пенетраторы. Токсичность лекарственных веществ. Методы прогнозирования и дизайна.

#### 14. Промышленный органический синтез

История развития промышленного синтеза в России и мире. Спектр задач, решаемых химической промышленностью в настоящее время. Вопросы переноса органического синтеза «из колбы – в реактор». Проблемы масштабирования. Пилотные установки. Основные виды реакторов и их применение. Проточные реакторы и концепция циркулирующей системы. Вибрационная и механохимия. Использование ультразвука и микроволнового излучения в органическом синтезе. Фотохимические реакции. Применение электрохимических методов в промышленности. Оснащение производственной линии.

### 5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Учебная аудитория, снабженная проектором.

### 6. Перечень рекомендуемой литературы

#### Основная литература

1. Айвазов Б.В. "Практическое руководство по хроматографии" М.: Высшая школа 1968
2. Гуревич А.Л., Русинов Л.А., Сягаев Н.А. "Автоматический хроматографический анализ" Л.: Химия 1980
3. Валиахметов Д.Р. Хроматографический метод анализа / Д.Р. Валиахметов, Т. Ф. Дехтярь // Наука и инновации в современных условиях : сб. ст. междунар. науч.-практ. конф. - Казань, 2017. - С. 17-19.
4. Байрамов, В. М. Основы химической кинетики и катализа : учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / В. М. Байрамов. – М. : Издат. центр
5. «Академия», 2003. – 256 с.
6. Байрамов, В. М. Химическая кинетика и катализ: Примеры и задачи с решениями : учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / В. М. Байрамов.
7. –М. : Издат. центр «Академия», 2003. – 320 с.
8. Кидяров Б.И. Кинетика образования кристаллов из жидкой фазы. Новосиб., 1979;
9. Гельперин Н.И., Носов Г.А. Основы техники фракционной кристаллизации. М., 1986.

#### Дополнительная литература

1. Титце, Л. Препаративная органическая химия: Реакции и синтезы в практикуме органической химии и научно-исследовательской лаборатории / Л. Титце. - М.: Мир, 2013. - 704 с.
2. Грандберг, И.И. Органическая химия: Учебник для бакалавров / И.И. Грандберг, Н.Л. Нам. - М.: Юрайт, 2013. - 608 с.
3. Теренин, В.И. Практикум по органической химии / В.И. Теренин. - М.: Бином. Лаборатория знаний, 2014. - 314 с.

### 7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Не используются

## **8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

База данных Национального института стандартизации и технологии США по свойствам соединений - <http://webbook.nist.gov/chemistry/>

Научная электронная библиотека РФФИ [www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru)

Единое окно доступа к образовательным ресурсам Федерального портала Российское образование <http://www.window.edu.ru>

## **9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)**

Студент, изучающий дисциплину, должен с одной стороны, овладеть общим понятийным аппаратом, а с другой стороны, должен научиться применять теоретические знания на практике. В результате изучения дисциплины студент должен знать основные определения дисциплины, уметь применять полученные знания для решения различных задач.

Успешное освоение курса требует:

- посещения всех занятий, предусмотренных учебным планом по дисциплине;
- ведения конспекта занятий;
- напряжённой самостоятельной работы студента.

Самостоятельная работа включает в себя:

- чтение рекомендованной литературы;
- проработку учебного материала, подготовку ответов на вопросы, предназначенных для самостоятельного изучения;
- решение задач, предлагаемых студентам на занятиях;
- подготовку к выполнению заданий текущей и промежуточной аттестации.

Показателем владения материалом служит умение без конспекта отвечать на вопросы по темам дисциплины.

Важно добиться понимания изучаемого материала, а не механического его запоминания. При затруднении изучения отдельных тем, вопросов, следует обращаться за консультациями к преподавателю.

Возможен промежуточный контроль знаний студентов в виде решения задач в соответствии с тематикой занятий.

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

<b>по направлению:</b>	Прикладные математика и физика
<b>профиль подготовки:</b>	Физика перспективных технологий: альтернативная энергетика, научное программирование и функциональные материалы Физтех-школа Электроники, Фотоники и Молекулярной Физики кафедра химической физики функциональных материалов
<b>курс:</b>	<u>4</u>
<b>квалификация:</b>	бакалавр

Семестры, формы промежуточной аттестации:

7 (осенний) - Дифференцированный зачет

8 (весенний) - Экзамен

**Разработчики:**

В.В. Новиков, д-р хим. наук

А.А. Анисимов, канд. хим. наук



## 1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ПК-1 Способен планировать и проводить научные эксперименты (в избранной предметной области) и (или) теоретические (аналитические и имитационные) исследования	ПК-1.3 Владеет культурой постановки научной задачи и моделирования естественнонаучных объектов и систем
	ПК-1.5 Владеет навыками безопасной работы с современными научными приборами и другим экспериментальным оборудованием
	ПК-1.6 Знает основные правила поведения и работы в современной научной лаборатории
	ПК-1.7 Способен оценивать требуемые ресурсы (материальные и временные) для планирования и проведения научного эксперимента
ПК-3 Способен выбирать и применять подходящее оборудование, инструменты и методы исследований для решения задач в избранной предметной области	ПК-3.1 Знает принципы работы и диапазоны рабочих параметров используемого научного оборудования
	ПК-3.2 Знает области и критерии применимости используемых теоретических подходов и умение оценивать точность приближенных аналитических методов вычислений
ПК-4 Способен критически оценивать применимость используемых методик и методов	ПК-4.3 Способен обосновать причинно-следственные отношения используемых понятий и моделей
	ПК-4.2 Знает источники происхождения и умеет производить оценку погрешности измерений и достоверности экспериментальных результатов

## 2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Тонкий органический синтез в лаборатории и промышленности» обучающийся должен:

### знать:

- теоретические основы органического синтеза в лаборатории и промышленности и их отличия;
- физические и химические принципы работы промышленного оборудования и лабораторных приборов органического синтеза;
- специфику различных физико-химических методов органического синтеза вещества и области их применимости;
- основные методы анализа физико-химических параметров веществ, полученных в ходе органического синтеза;
- критерии оценки статистической значимости экспериментальных данных.

### уметь:

- планировать стратегию лабораторного и промышленного синтеза вещества;
- планировать стратегию установления строения синтезированного вещества;
- сочетать различные методы синтеза и последующего анализа вещества;
- использовать современные приборы и методики, проводить и организовывать эксперименты, готовить образцы для проведения измерений
- обрабатывать экспериментальные данные, полученные с помощью физико-химических методов исследования вещества.

### владеть:

- методологией использования современных методов органического синтеза в лабораторных и промышленных условиях, а также физико-химических методов изучения строения полученных веществ;
- практическими навыками использования современных приборов и методик для органического синтеза химических соединений различной природы, проведения и организации экспериментов и испытаний, масштабирования от лабораторного синтеза до промышленного.
- методологией сопоставления, критической интерпретации и обработки массива данных, полученных всей совокупностью использованных физико-химических методов исследования строения синтезированного вещества.

### 3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю

С целью контроля освоения обучающимися учебного материала проводится устный опрос в начале занятия по теме прошлой лекции или в конце занятия по пройденной теме.

### 4. Перечень типовых (примерных) вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся

Вопросы к дифференцированному зачету:

1. Основные принципы работы в лаборатории.
2. Методы установления структуры химических соединений.
3. Вакуумная перегонка. Основные принципы.
4. Методы кристаллизации и сублимации для очистки химических соединений.
5. Основные принципы при работе с реакторами при высоком давлении.
6. Дайте понятия сущности хроматографического метода анализа органических веществ.
7. Объясните и укажите различие эксклюзионной хроматографии по сравнению с другими видами хроматографии.
8. Изложите основные классификаций хроматографии по способу относительного перемещения фаз.
9. Раскройте сущность жидкостной хроматографии. Укажите преимущества и недостатки.
10. Опишите спецификацию метода жидкостно-жидкостной хроматографии
11. Опишите колоночную хроматографию. Адсорбционная и гель-хроматография. Природа сорбентов и элюентов. Укажите преимущества и недостатки.
12. Опишите высокоэффективную жидкостную хроматографию. Теория хроматографической колонки.
13. Опишите особенность ВЭЖХ. Природа сорбентов. Область применения ВЭЖХ.
14. Опишите гель-хроматографию. Гель-фильтрация
15. Укажите количество сорбента и анализируемой смеси. Способы заполнения хроматографической колонки.
16. Оцените высокоэффективную жидкостную хроматографию (ВЭЖХ) в анализе органических веществ.

Вопросы к экзамену:

1. Основные принципы работы в лаборатории.
2. Методы установления структуры химических соединений.
3. Вакуумная перегонка. Основные принципы.
4. Методы кристаллизации и сублимации для очистки химических соединений.
5. Основные принципы при работе с реакторами при высоком давлении.
6. Дайте понятия сущности хроматографического метода анализа органических веществ.
7. Объясните и укажите различие эксклюзионной хроматографии по сравнению с другими видами хроматографии.
8. Изложите основные классификаций хроматографии по способу относительного перемещения фаз.
9. Раскройте сущность жидкостной хроматографии. Укажите преимущества и недостатки.
10. Опишите спецификацию метода жидкостно-жидкостной хроматографии
11. Опишите колоночную хроматографию. Адсорбционная и гель-хроматография. Природа сорбентов и элюентов. Укажите преимущества и недостатки.
12. Опишите высокоэффективную жидкостную хроматографию. Теория хроматографической колонки.
13. Опишите особенность ВЭЖХ. Природа сорбентов. Область применения ВЭЖХ.
14. Опишите гель-хроматографию. Гель-фильтрация
15. Укажите количество сорбента и анализируемой смеси. Способы заполнения хроматографической колонки.
16. Оцените высокоэффективную жидкостную хроматографию (ВЭЖХ) в анализе органических веществ.

17. Приведите примеры количественной обработки и расшифровки хроматограмм. Применение газовой хроматографии для решения ряда практических задач.
  18. Приведите методы идентификации компонентов анализируемых смесей, приемы количественного анализа в хроматографии.
  19. Приведите пример анализа органических веществ с помощью жидкостной хроматографии.
  20. Покажите разделение и анализ неполярных и полярных соединений с помощью колоночной хроматографии.
  21. Покажите на примере ВЭЖХ анализ органических веществ.
  22. Скорость химической реакции. Изобразите схематически кинетические кривые для реагента и продукта реакции. Основной постулат химической кинетики. Константа скорости гомогенной реакции, размерность константы скорости. Что такое порядок реакции? Что такое молекулярность реакции?
  23. Для каких реакций молекулярность и порядок реакции совпадают?
  24. Приведите дифференциальную и интегральную формы кинетического уравнения односторонней гомогенной реакции первого порядка, протекающей при постоянных температуре и объеме. Выведите выражение для времени полу-превращения исходного вещества в данной реакции.
  25. Дайте определение терминов «частный порядок», «полный порядок», «молекулярность» химической реакции. Связаны ли между собой молекулярность и порядок реакции, если да, то каким образом и в каком случае?
  26. Основной постулат химической кинетики. Что такое порядок реакции и константа скорости реакции, как она зависит от концентрации реагентов и температуры? Единицы измерения констант скорости реакций нулевого, первого, n-го порядка.
  27. Приведите кинетическое уравнение для реакций нулевого порядка в дифференциальной и интегральной формах. Как а) аналитически и б) графически рассчитать константу скорости реакции и установить её порядок?
  28. В каких единицах измеряется константа скорости и каков её физический смысл?
  29. Приведите кинетическое уравнение для реакций первого порядка в дифференциальной и интегральной формах. Как а) аналитически и б) графически рассчитать константу скорости реакции и установить её порядок?
  30. В каких единицах измеряется константа скорости реакции первого порядка?
  31. Как рассчитать  $t_{1/2}$  и концентрацию исходного вещества за время  $t_i$ ?
  32. Приведите кинетическое уравнение для реакций второго порядка (при условии  $C_A = C_B$ ) в дифференциальной и интегральной формах. Как а) аналитически и б) графически рассчитать константу скорости реакции и установить её порядок? В каких единицах измеряется константа скорости реакции второго порядка? Как рассчитать  $t_{1/2}$  и концентрацию исходного вещества за время  $t_i$ ?
  33. Реакции 3-го порядка с равными начальными концентрациями.
  34. Кинетическое уравнение в дифференциальной и интегральной формах.
  35. Линейная интерпретация кинетической кривой, определение величины константы скорости реакции.
  36. Для простых необратимых реакции n-го порядка приведите уравнения для расчёта константы скорости и времени полу-превращения реагента.
  37. Методы определения порядка реакции. Интегральный метод (аналитический и графический варианты).
- Примеры экзаменационных билетов.

#### Пример 1.

1. Раскройте сущность жидкостной хроматографии. Укажите преимущества и недостатки.
2. Дайте определение терминов «частный порядок», «полный порядок», «молекулярность» химической реакции. Связаны ли между собой молекулярность и порядок реакции, если да, то каким образом и в каком случае?

#### Пример 2.

1. Приведите примеры количественной обработки и расшифровки хроматограмм. Применение газовой хроматографии для решения ряда практических задач.

## 2. Кинетическое уравнение в дифференциальной и интегральной формах

### Критерии оценивания

Оценка отлично 10 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины, проявляющему интерес к данной предметной области, продемонстрировавшему умение уверенно и творчески применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично 9 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично 8 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, правильное обоснование принятых решений, с некоторыми недочетами.

Оценка хорошо 7 баллов - выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но недостаточно грамотно обосновывает полученные результаты.

Оценка хорошо 6 баллов - выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности.

Оценка хорошо 5 баллов - выставляется студенту, если он в основном знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач достаточно большое количество неточностей.

Оценка удовлетворительно 4 балла - выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он освоил основные разделы учебной программы, необходимые для дальнейшего обучения, и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации.

Оценка удовлетворительно 3 балла - выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, допускающему ошибки в формулировках базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, слабо владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и с трудом применяет полученные знания даже в стандартной ситуации.

Оценка неудовлетворительно 2 балла - выставляется студенту, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных принципов и не умеет использовать полученные знания при решении типовых задач.

Оценка неудовлетворительно 1 балл - выставляется студенту, который не знает основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубейшие ошибки в формулировках базовых понятий дисциплины и вообще не имеет навыков решения типовых практических задач.

### 5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

При проведении устного дифференцированного зачета обучающемуся предоставляется 30 минут на подготовку. Опрос обучающегося по билету на устном дифференцированном зачете не должен превышать одного астрономического часа.

При проведении устного экзамена обучающемуся дается 60 минут на подготовку. Опрос обучающегося по билету на устном экзамене не должен превышать одного астрономического часа.