

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



**«УТВЕРЖДАЮ**

**Проректор по учебной работе  
и экономическому развитию**

\_\_\_\_\_ **Д.А. Зубцов**

**Рабочая программа дисциплины (модуля)**

**по дисциплине:** Органическая химия  
**по направлению:** Прикладные математика и физика (бакалавриат)  
**профиль подготовки:** Химическая физика и свойства наноструктур  
Факультет молекулярной и химической физики  
Департамент химии  
**курс:** 1  
**квалификация:** бакалавр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 2(Весенний) - Экзамен

Аудиторных часов: 120 всего, в том числе:

лекции: 30 час.

практические и семинарские занятия: 30 час.

лабораторные занятия: 60 час.

Самостоятельная работа: 120 час.

Подготовка к экзамену: 30 час.

Всего часов: 270, всего зач. ед.: 6

**Программу составили:**

О.Г. Карманова, канд. хим. наук, доцент

В.С. Талисманов, канд. хим. наук, доцент

**Программа обсуждена на заседании кафедры**

24 марта 2016 г.

**СОГЛАСОВАНО:**

Начальник учебного управления

И.Р. Гарайшина

Декан факультета

В.М. Некипелов

## 1. Цели и задачи

### Цель дисциплины

формирование у студентов знаний об общих законах, связывающих строение и свойства органических веществ, изучение путей синтеза и реакционной способности органических соединений, а также их применения в физике, биологии, медицине, промышленности.

### Задачи дисциплины

- дать представление об особенностях строения и свойствах различных классов органических соединений, генетической взаимосвязи органических веществ, а также о связи органических соединений с биологическими системами;
- определить пути синтеза, физические и химические свойства представителей основных классов органических соединений;
- обучить проводить анализ строения органического соединения (видеть особенности углеродного скелета, определять функциональные группы), прогнозировать свойства органических веществ по особенностям строения, а также находить наиболее простые пути синтеза органических веществ;
- обучить понимать химических свойств органических соединений через механизмы реакций;
- обучить основным методам работы в лаборатории органического синтеза.

## 2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «Органическая химия» относится естественнонаучных дисциплинам и относится к вариативной части образовательной программы направления подготовки 03.03.01 "Прикладные математика и физика".

Дисциплина «Органическая химия» базируется на дисциплинах:

Общая и неорганическая химия.

Дисциплина «Органическая химия» предшествует изучению дисциплин:

Химическая термодинамика;

Физические методы исследований;

Биоорганическая и биологическая химия;

Компьютерный дизайн лекарственных средств;

Биохимия;

Основы химической физики;

Строение молекул и квантовая химия;

Самосборка и самоорганизация молекул и наноструктур;

Биохимия и молекулярная биология;

Основы биохимии.

## 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих общекультурных, общепрофессиональных и профессиональных компетенций:

способность понимать ключевые аспекты и концепции в области их специализации (ОПК-3);

способность применять полученные знания для анализа систем, процессов и методов (ОПК-4);

способность планировать и проводить научные эксперименты (в избранной предметной области) и (или) теоретические (аналитические и имитационные) исследования (ПК-1);

способность выбирать и применять подходящее оборудование, инструменты и методы исследований для решения задач в избранной предметной области (ПК-3).

## В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

### знать:

- основные положения современной теоретической органической химии;
- принципы классификации органических соединений;
- принципы систематической, рациональной и тривиальной номенклатуры;
- основные способы получения органических соединений различных классов, их физические и химические свойства, распространение в природе и применение; основные механизмы органических реакций, позволяющие объяснять протекание реакций, предсказывать направление реакций и условия их осуществления;
- методы выделения, очистки и идентификации органических соединений; качественные реакции на различные классы органических соединений и отдельные представители

### уметь:

- составлять формулы органических соединений по названиям и давать названия веществам по структурным формулам согласно номенклатуре;
- определять принадлежность к классу органических соединений;
- приводить уравнения соответствующих химических реакций;
- использовать знания механизмов органических реакций для объяснения протекания реакций и предсказания условий их проведения;
- пользоваться химической литературой (справочной, научно-периодической и др.)

### владеть:

- основными терминами органической химии;
- методами исследования свойств различных классов органических соединений

## 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	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу				
		Лекции	Практические и семинарские занятия	Лаборат. работы	Задания, курсовые работы	Самост. работа
1	Теоретические представления в органической химии	4	2	2		7
2	Предельные углеводороды. Алканы. Циклоалканы	2	2	2		7
3	Непредельные углеводороды. Алкены	2	2	8		7
4	Непредельные углеводороды. Алкадиены. Алкины	2	2	4		7
5	Ароматические углеводороды	2	4	4		15
6	Сtereoхимия органических молекул	2	2	4		7
7	Галогенпроизводные углеводороды	2	2	4		7
8	Алифатические и ароматические спирты	2	2	4		7
9	Карбонильные соединения	2	2	4		7
10	Карбоновые кислоты	2	2	4		7

11	Производные карбоновых кислот	2	2	4		11
12	Амины	2	2	4		7
13	Аминокислоты	2	2	4		7
14	Гетероциклические соединения	2	2	8		17
Итого часов		30	30	60		120
Подготовка к экзамену		30 час.				
Общая трудоёмкость		270 час., 6 зач.ед.				

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

Семестр: 2 (Весенний)

##### 1. Теоретические представления в органической химии

Теории строения органических соединений (теория радикалов, теория типов, теория Бутлерова), природа химической связи (с точки зрения электронной теории Льюиса), типы ковалентной связи (понятие о  $\sigma$ - и  $\pi$ -связях). Номенклатура органических соединений: тривиальная, рациональная, систематическая номенклатура ИЮПАК, радикально-функциональная номенклатура.

Внутримолекулярные электронные эффекты (понятие об индуктивном эффекте, эффекте поля, мезомерном эффекте, сопряженных системах и видах сопряжения, эффекте сверхсопряжения). Резонансные структуры. Понятие о гибридизации, особенности атома углерода в различных гибридных состояниях. Классификация органических соединений по остовам и функциональным группам.

##### 2. Предельные углеводороды. Алканы. Циклоалканы

Классификация органических соединений. Гомологический ряд предельных углеводородов, нахождение в природе, применение в промышленности. Особенности изомерии, номенклатура. Методы получения алканов: а) без изменения углеродной цепи (гидрирование непредельных углеводородов, восстановление галогеналканов; б) с уменьшением цепи (щелочное плавление солей карбоновых кислот - реакция Дюма), в) с увеличением цепи (реакция Вюрца-Шорыгина, электролиз солей карбоновых кислот - реакция Кольбе). Химические свойства (механизм реакций радикального замещения, особенности галогенирования, окисления, сульфокисления, сульфохлорирования, нитрования по Коновалову, парофазного нитрования, термического и каталитического крекинга). Гетеролиз алканов. Карбокатионы, их устойчивость и основные превращения

##### 3. Непредельные углеводороды. Алкены

Непредельные углеводороды. Алкены. Гомологический ряд алкенов, нахождение в природе, применение в промышленности. Особенности изомерии, номенклатура, методы получения (промышленные и лабораторные, стереоселективное получение цис- и транс, химические свойства: механизм реакций электрофильного замещения (AdE) – общее представление о механизме реакции,  $\sigma$ - и  $\pi$ -компесах, стерео- и региоселективность на примерах галогенирования, гидрогалогенирования, гидратации, понятие о карбокатионе, скелетные перегруппировки; механизм реакций радикального присоединения по кратной связи на примере гидробромирования по Харашу; механизм реакций радикального замещения в аллильное положение на примерах реакций бромирования с NBS, а также парофазного хлорирования по Львову; особенности мягкого окисления (по Вагнеру, Криге, Прилежаеву) и жесткого окисления (окислительный и восстановительный озонлиз, жидкофазное окисление); реакции полимеризации алкенов

#### 4. Непредельные углеводороды. Алкадиены. Алкины

Непредельные углеводороды. Алкадиены. Три типа диеновых углеводородов. Номенклатура. Углеводороды с сопряженными двойными связями: дивинил, изопрен. Природа сопряжения. Способы получения дивинила и изопрена. Физические свойства. Химические свойства диенов с сопряженными двойными связями: реакции 1,2- и 1,4-присоединения (кинетический и термодинамический контроль). Механизм электрофильного присоединения к диенам.

Особенности строения тройной связи, свойства и особенности гибридизации sp-гибридного атома углерода. Нахождение алкинов в природе, применение в промышленности. Изомерия, номенклатура, промышленные и лабораторные методы получения (карбидный метод, синтез через реактивы Июича и другие соли алкинов, дегидрогалогенирование геминальных и вицинальных дигалогенпроизводных углеводородов, дегалогенирование тетрагалогенпроизводных углеводородов, дегидратация геминальных диолов). Химические свойства: реакции электрофильного присоединения (AdE) (особенности, отличия от алкенов), реакции нуклеофильного присоединения (реакция Фаворского, взаимодействие с синильной кислотой в присутствии ее солей, взаимодействие с солями карбоновых кислот), проявление C-H кислотности терминальных алкинов (взаимодействие с карбонильными соединениями, образование солей, ацетилен-алленовая перегруппировка Фаворского), реакции димеризации и ароматизации ацетилена и терминальных алкинов, реакции окисления и регоселективного восстановления

#### 5. Ароматические углеводороды

Понятие об ароматичности по Хюккелю, правила ароматичности и их обоснование. Энергия стабилизации (резонанса). Антиароматичность на примере циклобутадиена, циклопропильного аниона, катиона циклопентадиенилия. гомологический ряд бензола, особенности строения бензольного кольца, формула Кекуле и современная запись ароматического кольца. Классификация аренов. Физические особенности ароматических углеводородов (электромагнитные характеристики). Методы получения (из бензойной кислоты и ее солей, синтез Вюрца-Фиттига, алкилирование бензола по Фриделю-Крафтсу-Густавсону, синтез по Зелинскому, синтез по Реппе). Химические свойства: реакции электрофильного замещения (механизм, влияние заместителей на направление электрофила, классификация заместителей) на примерах реакций галогенирования, нитрования, сульфирования, алкилирования, ацилирования и по Фриделю-Крафтсу. Правила ориентации: ориентанты первого и второго рода: объяснение ориентации заместителей действием статического и динамического факторов, согласованная и несогласованная ориентация двух или нескольких заместителей в ароматическом кольце. Радиальные реакции аренов, реакции окисления с разрушением и сохранением бензольного кольца

#### 6. Стереохимия органических молекул

Понятие об оптической активности, плоскополяризованном свете, удельном вращении, хиральности, асимметрическом атоме углерода. Классификация оптически активных соединений по шкале Фишера и Кана-Ингольда-Прелога, понятие об относительной и абсолютной оптической конфигурации. Правила определения старшинства заместителей по Кану-Ингольду-Прелогу. Методы определения оптической конфигурации хирального центра (в плоскостных проекциях Фишера, с помощью пространственных формул) Виды оптической изомерии для соединений, содержащих один и несколько хиральных центров (энантиомеры, диастереомеры, эпимеры), понятие об эритро-, трео- и мезоформах

#### 7. Галогенпроизводные углеводороды

Номенклатура, изомерия и особенности строения. Общие методы синтеза галогеналканов: замещение атома водорода, реакции присоединения по кратным связям, замещение гидроксильной группы спиртов, замещение кислорода кетонов, декарбоксилирование производных карбоновых кислот. Причины высокой реакционной способности галогеналканов, реакции нуклеофильного замещения в синтезе различных классов (спиртов, простых и сложных эфиров, тиолов, тиоэфиров, аминов, нитрилов и других функциональных производных). Особенности химических свойств: механизм и особенности реакций моно- и бимолекулярного нуклеофильного замещения ( $SN_1$  и  $SN_2$ ) (количество стадий, порядок, стереохимия; влияние природы галогеналкана, растворителя и нуклеофила на молекулярность процесса). Конкуренция реакций элиминирования: механизмы моно- и бимолекулярного элиминирования ( $E_1$  и  $E_2$ ), их стереохимические особенности, особенности механизма  $E1cb$ . Правила Зайцева и Гофмана. Влияние различных факторов процесса на соотношение продуктов замещения и элиминирования

## 8. Алифатические и ароматические спирты

Классификация спиртов, особенности строения функциональной группы. Физические свойства (понятие о водородных связях), зависимость температуры кипения от строения спиртов. Методы получения одноатомных и многоатомных спиртов. Химические свойства: проявление кислотности при взаимодействии с сильными основаниями (сравнительный ряд кислотности с другими классами соединений), основность спиртов. Теория кислот и оснований. Сопряженные кислоты и сопряженные основания. Понятие о жестких и мягких кислотах и основаниях (Пирсона-Льюиса), реакции спиртов как слабых нуклеофилов (при взаимодействии с карбонильными соединениями, карбоновыми кислотами и их производными), окисление спиртов до карбониллов и карбоновых кислот. Присоединение спиртов к олефинам, ацетиленам, непредельным карбоновым кислотам.

Ароматические спирты. Особенности строения. Методы получения фенолов (кумольный, из солей сульфоновых кислот и другие). Химические свойства: реакции с участием гидроксильной группы (образование солей, реакция Вильямсона, перегруппировка Клайзена), реакции ароматического ядра с сильными электрофилами (механизмы реакций электрофильного замещения) на примере галогенирования, нитрования, сульфирования, ацилирования), реакции восстановления, реакции окисления (механизм радикального процесса окисления, влияние радикалов).

## 9. Карбонильные соединения

Особенности строения карбонильной группы. Номенклатура. Методы получения альдегидов и кетонов. Реакции нуклеофильного присоединения по карбонильной группе, механизм реакции нуклеофильного присоединения  $AdN$ . Реакции с сильными нуклеофилами: циангидринный синтез, получение бисульфитных производных, синтез Гриньяра, взаимодействие с аммиаком и его производными, перегруппировка Бекмана. Понятие об основаниях Шиффа. Реакции альдегидов и кетонов со слабыми нуклеофилами: спиртами, меркаптанами, водой, взаимодействие с пентахлоридом фосфора, самоконденсация альдегидов. Кето-енольная таутомерия. Реакции протекающие через образование енольных форм альдегидов и кетонов: альдольно-кетоновая конденсация, реакция Манниха, галогенирование, галоформная реакция,  $\alpha$ -бромирование кетонов. Окисление кетонов и альдегидов: окисление кетонов с разрывом  $C-C$ -связей, окисление по  $\alpha$ -атому углерода, окисление кетонов сильными окислителями, окисление альдегидов слабыми окислителями: реактивом Толленса, фелинговой жидкостью, диоксидом селена, надкислотами (реакция Байера-Виллигера)

## 10. Карбоновые кислоты

Одноосновные предельные карбоновые кислоты. Особенности строения карбоксильной группы: распределение электронной плотности –I и +M эффекты и ее влияние на химические свойства карбоновых кислот. Подвижность  $\alpha$ -водородного атома. Карбоксилат-ион, причины его устойчивости. Основные методы синтеза (окисление углеводов, первичных спиртов, гликолей, альдегидов, кетонов, синтеза с металлоорганическими соединениями, гидролиз производных карбоновых кислот, металлокомплексный синтез). Химические свойства: кислотные (при взаимодействии с сильными нуклеофилами), взаимодействие со слабыми нуклеофилами по механизму AdN-SN (реакция этерификации, образование надкислот, образование хлорангидридов и ангидридов кислот,  $\alpha$ -галогенирование по Геллю-Фольгарду-Зелинскому).

Предельные дикарбоновые кислоты. Общие методы синтеза. Особенности дикарбоновых кислот: щавелевой кислоты (реакции термического, кислотного и окислительного декарбоксилирования), малоновой (получение и применение натриймалонового эфира, декарбоксилирование, реакция Кневенагеля), янтарной (реакция Штоббе, получение и применение сукцинимиды), адипиновой и пимелиновой (реакция Дикмана).

Оксикислоты. Способы получения. Особенности химических свойств: взаимовлияние гидроксо- и карбоксильной групп, получение лактидов и лактонов. Селективное восстановление гидроксо-группы. Лимонная кислота.

Оксокислоты. Способы получения  $\alpha$  (на примере пировиноградной кислоты) и  $\beta$  (на примере ацетоуксусной кислоты) оксокислот. Особенности химических свойств  $\beta$ -оксокислот и их эфиров

## 11. Производные карбоновых кислот

Понятие об ацилирующих агентах и реакциях ацилирования. Ряд производных карбоновых кислот по ацилирующей способности.

Соли карбоновых кислот. Химические свойства: реакции с нуклеофильными реагентами, перегонка солей карбоновых кислот, реакция Кольбе, синтез Дюма, реакция Хундиккера-Бородина, взаимодействие с реактивами Гриньяра, методы превращения солей в сильные ацилирующие агенты. Мыла.

Сложные эфиры. Особенности строения сложноэфирной группы. Способы получения: реакция этерификации по Фишеру, реакция Тищенко, карбоксилирование ацетилена. Химические свойства: восстановление литийалюмогидридом, по Буво-Блану, реакция Реформатского. Сложноэфирная конденсация (реакция Клайзена). Ацетоуксусный эфир: методы получения, особенности химических свойств (образование солей, алкилирование и ацилирование, кетонное и кислотное расщепление, взаимодействие с непредельными соединениями как донор Михаэля).

Амиды, нитрилы. Основные способы получения. Химические свойства амидов и нитрилов: гидролиз, восстановление с алюмогидридом лития, взаимодействие с реактивами Гриньяра. Особенности химических свойств амидов: образование циклических амидов – лактамов, гидролиз амидов, дегидратация амидов, восстановление до аминов, реакция нитрозирования, реакция дегидратации, перегруппировка амидов по Гофману. Особенности нитрилов: гидролиз, алкоголиз, аммонолиз нитрилов, реакции с металлоорганическими соединениями, восстановление до аминов.

Галогенангидриды и ангидриды как ацилирующие агенты. Методы получения. Химические свойства: гидролиз, алкоголиз, аминолиз, восстановление по Розенмунду, взаимодействие с реактивами Гриньяра, реакция Арндта-Эйстерта

## 12. Амины

Классификация и номенклатура аминов. Строение аминогруппы. Зависимость нуклеофильных и основных свойств аминов от строения аминов. Амины как кислоты и основания. Сравнительная характеристика кислотных-основных свойств первичных, вторичных и третичных аминов. Основные способы получения алифатических аминов (аммонолиз спиртов и алкилгалогенидов, синтез Габриэля, реакция Гофмана, перегруппировка Курциуса, восстановительное амминирование кетонов и альдегидов, присоединение аммиака к  $\alpha,\beta$ -непредельным альдегидам, реакция Манниха, восстановление амидов, нитрилов, азидов, оксимов и нитросоединений, метод Эшвайлера-Кларка, Лейкарта). Качественные реакции на первичные, вторичные и третичные амины (взаимодействие с азотистой кислотой, тест Хундсдикера). Нуклеофильность и основность аминов. Алкилирование и ацилирование аминов. Взаимодействие с карбонильными соединениями (получение иминов и енаминов). Окисление аминов

### 13. Аминокислоты

Классификация аминокислот, ряд незаменимых аминокислот. Методы синтеза (аммонолиз галогенпроизводных карбоновых кислот, синтез Габриэля, синтез с помощью малонового эфира, синтез Штреккера). Особенности строения (способность существования как биполярных ионов, понятие об изоэлектрической точке). Оптическая активность аминокислот, природные изомеры. Химические свойства аминокислот: реакции, протекающие по аминогруппе (образование N-ацильных производных (метод карбобензоксизащиты), образование оснований Шиффа, взаимодействие с реактивом Сенгера (2,4-динитрофторбензолом), реакция Эдмана, метод количественного определения аминогруппы по Ван-Слайку, по Серенсену, ацилирование по Шоттену-Бауману, дезаминирование), реакции, протекающие по карбоксильной группе (образование солей и внутримолекулярных соединений, этерификация по Фишеру, образование галогенангидридов, пептидных связей, межмолекулярное ацилирование, реакции декарбоксилирования). Качественные реакции  $\alpha$ -аминокислот: нингидринная, биуретовая, ксантопротеиновая

### 14. Гетероциклические соединения

Гетероциклические соединения (пяти- и шестичленные), их классификация и номенклатура, нахождение в природе. Строение и способы получения пяти- и шестичленных гетероциклов. Особенности в физических и химических свойствах. Отдельные представители, их применение. Шестичленные гетероциклы с двумя гетероатомами. Пуриновые и пиримидиновые основания

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

Для чтения лекций используется лекционная аудитория, оснащенная доской и медиа-проектором, экраном.

Для демонстрации применяется набор шаростержневых и объемных моделей органических соединений.

Для выполнения семинарско-лабораторных занятий используется учебная лаборатория, оснащенная доской, вытяжными шкафами, лабораторной мебелью, водопроводной водой, дистиллированной водой, лабораторной посудой, рекативами, средствами пожаротушения и оказания первой медицинской помощи.

## 6. Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Основная литература



1. Органическая химия [Текст] : в 3 т. : учеб. пособие для вузов. Т.1 / В. Ф. Травень .— 2-е изд., перераб. и доп. — М : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013 .— 368 с.
2. Органическая химия [Текст] : в 2 кн. Кн. 1 : Основной курс : учебник для вузов / [В. Л. Белобородов и др.] ; под ред. Н. А. Тюкавкиной .— 4-е изд., стереотип. — М. : Дрофа, 2008 .— 638 с.

#### Дополнительная литература

1. П. Сайкс. Механизмы реакций в органической химии. М.: Химия, 1991
2. Терней, А.М. Современная органическая химия. В 2-х томах. М : Мир, 1981.
3. Березин, Б.Д. Курс современной органической химии: учебное пособие / Б.Д.Березин, Д.Б. Березин.- М.: Высшая школа, 1999.
4. Физер А.Н. Органическая химия: учебник в 2 т. - М.: Химия, 1974 – Т.1, 2.
5. Моррисон, Р. Органическая химия: учебник / Р. Моррисон, Р. М. Бойд. – М.: Мир, 1974. – 1136 с.
6. И.И. Грандберг Органическая химия М.: Дрофа, 2001.

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

1. <http://www.chemjournals.net/main/mjoc.htm>

#### **8. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

Студент, изучающий дисциплину, должен с одной стороны, овладеть общим понятийным аппаратом органической химии, а с другой стороны, должен научиться применять теоретические знания на практике.

В результате изучения дисциплины студент должен знать основные определения и понятия, 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
- тщательную подготовку к лабораторным работам, подготовку к их защите на коллоквиумах

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 преподавателю группы или лектору.

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

#### **9. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации по итогам обучения**

Приложение

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ  
ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**по направлению:** Прикладные математика и физика (бакалавриат)  
**профиль подготовки:** Химическая физика и свойства наноструктур  
Факультет молекулярной и химической физики  
Департамент химии  
**курс:** 1  
**квалификация:** бакалавр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 2(Весенний) - Экзамен

**Разработчики:**

О.Г. Карманова, канд. хим. наук, доцент  
В.С. Талисманов, канд. хим. наук, доцент

## 1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Освоение дисциплины направлено на формирование у обучающегося следующих общекультурных (ОК), общепрофессиональных (ОПК) и профессиональных (ПК) компетенций:

- способность понимать ключевые аспекты и концепции в области их специализации (ОПК-3);
- способность применять полученные знания для анализа систем, процессов и методов (ОПК-4);
- способность планировать и проводить научные эксперименты (в избранной предметной области) и (или) теоретические (аналитические и имитационные) исследования (ПК-1);
- способность выбирать и применять подходящее оборудование, инструменты и методы исследований для решения задач в избранной предметной области (ПК-3).

## 2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Органическая химия» обучающийся должен:

### знать:

- основные положения современной теоретической органической химии;
- принципы классификации органических соединений;
- принципы систематической, рациональной и тривиальной номенклатуры;
- основные способы получения органических соединений различных классов, их физические и химические свойства, распространение в природе и применение; основные механизмы органических реакций, позволяющие объяснять протекание реакций, предсказывать направление реакций и условия их осуществления;
- методы выделения, очистки и идентификации органических соединений; качественные реакции на различные классы органических соединений и отдельные представители

### уметь:

- составлять формулы органических соединений по названиям и давать названия веществам по структурным формулам согласно номенклатуре;
- определять принадлежность к классу органических соединений;
- приводить уравнения соответствующих химических реакций;
- использовать знания механизмов органических реакций для объяснения протекания реакций и предсказания условий их проведения;
- пользоваться химической литературой (справочной, научно-периодической и др.)

### владеть:

- основными терминами органической химии;
- методами исследования свойств различных классов органических соединений

## 3. Перечень типовых контрольных заданий, используемых для оценки знаний, умений, навыков

Раздел «Теоретические основы органической химии»

1. Что изучает органическая химия? Каковы важнейшие этапы ее развития? Каково значение органической химии? Какие сырьевые источники органических соединений Вам известны?
2. Дайте определение гетеролитическим (электрофильным и нуклеофильным), гомолитическим (радикальным) реакциям.
3. Сформулируйте основные положения теории химического строения органических соединений А.М. Бутлерова.
4. Что называют гибридизацией орбиталей? В каких гибридных состояниях могут существовать атомы углерода в органических соединениях? Охарактеризуйте эти состояния.

5. Сформулируйте определения химической связи различных типов: ковалентной (полярной и неполярной), ионной, семиполярной. Приведите механизмы образования химической связи этих типов на примере органических молекул.
6. Дайте определение функциональной группы и классов органических соединений. Для приведенных ниже соединений назовите функциональные группы и отнесите эти вещества к соответствующим классам и рядам органических соединений:  $(\text{CH}_3)_2\text{CH}(\text{Br})\text{CH}_3$ ,  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{MgBr}$ ,  $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$ ,  $\text{C}_5\text{H}_5\text{N}$ ,  $\text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}(\text{OH})-\text{C}_6\text{H}_5$ ,  $\text{CH}_3-\text{C}_6\text{H}_4-\text{N}_2\text{Cl}$
7. Что называют индуктивным эффектом? Обозначьте графическим и буквенно-знаковым способом индуктивные эффекты в следующих соединениях:  $\text{CH}_3\text{C}\equiv\text{N}$ ,  $\text{CH}_3\text{CH}(\text{NH}_2)\text{CH}_3$ ,  $(\text{CH}_3)_2\text{CHCOOH}$ ,  $\text{CH}_3\text{MgBr}$
8. В каких случаях осуществляется мезомерный эффект, в чем он заключается? Среди приведенных ниже структур выберите те, в которых наблюдается мезомерный эффект, обозначьте его графическим и буквенно-знаковым способом и изобразите граничные резонансные структуры:  
 $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CHOCH}_3$ ,  $\text{CH}_2=\text{CHCH}_2\text{OH}$ ,  $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2$ ,  $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{C}\equiv\text{N}$
9. Среди приведенных частиц определите радикальные, электрофильные и нуклеофильные реагенты:  $\text{OH}^-$ ,  $\text{H}^+$ ,  $(\text{CH}_3)_3\text{C}^+$ ,  $:\text{NH}_3$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{CH}_3\cdot$ ,  $\text{H}_2\text{S}\cdot$ ,  $\text{Br}\cdot$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ :
10. Какие вещества называют изомерами? Какие виды структурной и пространственной изомерии Вы знаете? Приведите соответствующие примеры

#### Раздел «Предельные углеводороды. Алканы»

1. Какие вещества называются алканами? Какая из приведенных общих формул углеводородов соответствует алканам:  $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$ ,  $\text{C}_n\text{H}_{2n}$ ,  $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ ,  $\text{C}_n\text{H}_{2n-6}$  ?
  2. Какие из перечисленных углеводородов содержат третичный атом углерода: этан, 2-метилбутан, 3,3-диметилгексан?
- В каком состоянии гибридизации находятся атомы углерода в алканах?
3. Перечислите известные Вам способы получения алканов и циклоалканов. Запишите уравнения соответствующих реакций
  4. Составьте структурные формулы всех изомеров бутана, гексана, октана и назовите их.
  5. Какая из стереоизомерных форм циклогексана более устойчива? Изобразите ее.
  6. Дайте определение  $\sigma$ -связи. Какой тип связей ( $\sigma$ -,  $\pi$ -) имеется в этане, циклобутане? Какова длина и энергия C-C связи?
  7. Какие существуют методы идентификации алканов и циклоалканов?
  8. Учитывая имеющиеся закономерности, определяющие взаимосвязь физических свойств алканов с их строением, расположите углеводороды в порядке уменьшения их температур кипения: а) 3,3-диметилпентан; б) н-гептан; в) 2-метилгептан; г) н-пентан; д) 2-метилгексан.
  9. Напишите схему взаимодействия пропана и циклопропана с одной молекулой хлора, изопентана с разбавленной азотной кислотой, сульфохлорирования синтина (смесь синтетических углеводородов C12 - C18). К какому типу относятся эти реакции?

#### Раздел «Непредельные углеводороды»

1. Напишите структурные формулы всех возможных изомеров пентена и гексена. Назовите полученные углеводороды по международной и рациональной номенклатуре.
2. Какие существуют физико-химические методы идентификации непредельных углеводородов?
3. Сравните отношение к бромю изобутана на свету и изобутилена в  $\text{CCl}_4$ . В чем причина различного протекания реакций? Назовите и приведите их механизмы.
4. Напишите реакции получения перечисленных алкенов дегидратацией соответствующих спиртов и дегидрогалогенированием галогеналканов: пропен; 2-метил-2-бутен; 2,3-диметил-1-бутен. Укажите условия проведения реакции

5. Напишите уравнения реакций взаимодействия пропина с избытком веществ: водорода, бромоводорода, хлора, воды, кислорода, аммиачного раствора оксида серебра. Укажите условия их протекания.
6. Напишите схему взаимодействия 1,3-бутадиена с одной молекулой брома, пропилена с серной кислотой, 1-бутена с водой, озонирования несимметричного диметилэтилена с последующим расщеплением озонида водой, метана с хлором. Назовите продукты реакций.
7. Укажите тип гибридизации орбиталей углеродных атомов в ацетилене, изобразите схематично строение связей ацетилена.
8. Из пропилена и неорганических реагентов предложите схему получения 2,3-диметил-2,3-дибромбутана.
9. Напишите схему полимеризации этилена. Каково промышленное значение этой реакции?
10. Какое из двух указанных соединений  $\text{CH}_3\text{-CH}=\text{CH-CH}_3$  и  $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_3$  окисляется раствором перманганата калия? Назовите его по международной номенклатуре и приведите схему реакции.

#### Раздел «Ароматические углеводороды»

1. Напишите структурную формулу пропилбензола. Укажите состояние гибридизации всех атомов углерода.
2. Сравните электронное и пространственное строение молекул циклогексана и бензола.
3. Приведите механизм электрофильного замещения в бензойном кольце.
4. Приведите примеры заместителей – ориентантов I и II рода и объясните их ориентирующее действие. В каких случаях происходит согласованная и несогласованная ориентация заместителей?
5. Какие кислоты можно получить при окислении соединений: 1) пропилбензол; 2) о-ксилол; 3) 1-метил-4-изопропилбензол?
6. Укажите, характерны ли для бензола свойства непредельных углеводородов?
7. Приведите схему распределения электронной плотности в аминбензоле. Как влияет введение аминогруппы на электронную плотность в бензольном ядре? Приведите примеры реакций электрофильного замещения в аминбензоле.
8. Напишите схемы трех реакций, доказывающих ароматический характер нафталина
9. Напишите формулы и названия продуктов восстановления нафталина.
10. Приведите механизм электрофильного замещения в бензойном кольце на примере одной из реакций: нитрования, галогенирования, алкилирования, ацилирования, сульфирования.

#### Раздел «Галогенпроизводные углеводороды»

1. Назовите по радикалам и по международной номенклатуре все монохлорпроизводные пропилена. Какое соединение может существовать в виде цис- и транс-изомеров? Приведите формулы этих изомеров.
2. Сколько трихлорпроизводных можно образовать от углеводородов: а) пропана; б) пропилена; в) диметилацетилена? Напишите их структурные формулы и назовите.
3. Как влияет природа органического радикала на реакционную способность галогенопроизводных в реакциях нуклеофильного замещения? Объясните влияние радикала на примере хлористого аллила, хлористого бензила, хлористого пропила и хлористого винила.
4. Сравните прочность и полярность связей C-F, C-Cl, C-Br, и C-I в галогеналканах. Как изменяется в этом ряду способность связей к гетеролитическому разрыву и устойчивость образующихся при этом галогенид-ионов?
5. Объясните, почему в полярном растворителе (например, в спирте) разрыв связи C-Br с образованием аниона брома происходит у бромистого аллила
6. На примере бромистого этила с этилатом натрия изложите сущность механизма  $\text{S}_{\text{N}}2$ . Какова геометрия переходного состояния? Укажите факторы, благоприятствующие протеканию реакций по этому механизму.

7. На примере реакции трет-бутилхлорида с водой изложите сущность механизма SN1. Укажите факторы, благоприятствующие реализации реакций по этому механизму. Какие побочные процессы в данном случае возможны?
8. В какую сторону изменится соотношение продуктов взаимодействия 2-бромбутана со щелочью, если водный раствор щелочи заменить спиртовым раствором? Дайте объяснения, рассмотрев механизм реакции.
9. В чем отличие механизмов E1 и E2? Приведите эти механизмы для конкретных реакций. Укажите, какие факторы способствуют протеканию реакций по этим механизмам.
10. Напишите схему полимеризации хлористого винила. Как называется продукт полимеризации и где он применяется?

#### Раздел «Спирты, фенолы»

1. Напишите структурные формулы изомеров амилового спирта, входящих в состав сивушного масла. Назовите их.
2. Почему не бывает газообразных спиртов при обычных условиях?
3. Охарактеризуйте химические свойства предельных спиртов. В чем состоит отличие этого класса соединений от галогеналканов? Наиболее важные химические отличия покажите на примере этилового спирта и бромистого этила.
4. Сравните основные и нуклеофильные свойства этилового спирта и этилата натрия.
5. Напишите схемы дегидратации бутилового, втор-бутилового и трет-бутилового спиртов в присутствии серной кислоты. Рассмотрите их механизмы. Расположите эти спирты в ряд по увеличению легкости дегидратации.
6. Напишите механизм получения акролеина из глицерина в кислой среде.
7. Рассмотрите строение молекулы диметилового эфира. Может ли это соединение проявлять кислотные, основные и нуклеофильные свойства?
8. Рассмотрите механизм бромирования фенола. Почему реакция бромирования фенола идет в более мягких условиях по сравнению с толуолом и бензолом?
9. Почему фенолы являются более сильными кислотами и более слабыми основаниями по сравнению со спиртами? Напишите уравнения протекающих реакций при взаимодействии фенола со щелочью и при подкислении щелочного раствора фенола.
10. Какие промышленные методы получения фенола Вы знаете? Напишите уравнения соответствующих реакций.

#### Раздел «Карбонильные соединения»

1. Какой функциональной группой характеризуются альдегиды? Каким образом можно подтвердить наличие карбонильной группы в карбонилсодержащих соединениях?
2. Напишите структурные формулы изомерных альдегидов C<sub>5</sub>H<sub>10</sub>O, C<sub>4</sub>H<sub>8</sub>O и назовите по международной и рациональной номенклатуре (взяв за основу уксусный альдегид) только альдегиды с разветвленной цепью.
3. Полимеризация - частный случай реакций присоединения - характерна в основном для альдегидов. Например, при стоянии 40% водного раствора формальдегида (формалина), в виде белого осадка образуется полимер формальдегида с невысокой молекулярной массой - параформ. Покажите в схематичном виде механизм этой реакции.
4. Какие реакции называются реакциями конденсации? Приведите реакцию конденсации формальдегида с карбамидом (мочевинной). Назовите продукт поликонденсации.
5. Напишите схему альдольной конденсации для изомаляльного альдегида. Возможна ли в данном случае кротоновая конденсация и, если - да, то какое соединение образуется в результате этой конденсации?
6. Какие карбонильные соединения дают галоформную реакцию? Приведите механизм этой реакции на примере метилэтилкетона.
7. Укажите, у какого альдегида: α-хлорпропионовый, пропионовый - электрофильная активность карбонильной группы проявляется больше и почему?

8. Приведите общую схему механизма нуклеофильного присоединения по карбонильной группе и ответьте на вопросы: а) в каких случаях используется кислотный катализ и в чем его роль? б) в каких случаях возможен основной катализ и как он осуществляется?
9. По какому механизму протекает реакция бензальдегида с фенилгидразином? Приведите этот механизм. Где применяют фенилгидразоны?
10. Какими методами можно получить ацетофенон? Напишите уравнения соответствующих реакций.

#### Раздел «Карбоновые кислоты»

1. Сравните строение карбоновой кислоты RCOOH и ее аниона RCOO<sup>-</sup>. Почему в карбоновой кислоте связи С-О различны по длине, а в карбоксилат-анионе длина обеих С-О связей одинакова? Какие реакции характерны для карбоновых кислот?
2. Охарактеризуйте в общем виде химические свойства предельных монокарбоновых кислот. На примере уксусной кислоты и альдегида покажите наиболее существенные химические отличия карбоновых кислот от альдегидов.
3. Расположите следующие соединения в ряд по ослаблению их ацилирующей способности: а) (CH<sub>3</sub>CO)<sub>2</sub>O; б) CH<sub>3</sub>COOH; в) CH<sub>3</sub>COCl; г) CH<sub>3</sub>COOC<sub>2</sub>H<sub>5</sub>. Дайте объяснения.
4. Расположите следующие соединения в ряд по возрастанию скорости гидролиза: а) хлористый ацетил; б) уксусный ангидрид; в) этилацетат. Дайте объяснения.
5. Какая кислота в каждой паре более сильная и почему: а) муравьиная и триметилуксусная; в) α-хлормасляная и β-хлормасляная; г) пропионовая и акриловая; д) муравьиная и щавелевая; е) щавелевая и малоновая?
6. Каким образом получают ароматические карбоновые кислоты? Приведите примеры реакций получения фталевых кислот?
7. Какие Вам известны карбоновые кислоты и их производные, обладающие биологической активностью? Приведите методы их получения.
8. В какие реакции электрофильного замещения вступают ароматические кислоты? Приведите примеры этих реакций и назовите соответствующие продукты.
9. Напишите схему дегидратации яблочной кислоты. Какое соединение при этом образуется?
10. Почему двухосновные кислоты более сильные, чем одноосновные?

#### Раздел «Амины»

1. Как реагируют с азотистой кислотой: а) метилдиэтиламин; б) метил-втор-бутиламин. Приведите уравнения реакций. Назовите продукты.
2. Чем различаются по строению диазо- и азосоединения?
3. С помощью каких химических методов можно отличить первичные, вторичные и третичные амины? Приведите схемы этих реакций на примере этиламина, метилэтиламина и триметиламина.
4. Напишите схему получения н-бутиламина из хлорангида валериановой кислоты.
5. Напишите схему взаимодействия изопропиламина с хлоро-формом в присутствии спиртового раствора щелочи и схему последующего гидролиза полученного соединения.
6. Сравните основные свойства анилина с основными свойствами алифатических аминов. Чем обусловлена разница? В каких реакциях проявляются основные свойства аминов? Напишите уравнения соответствующих реакций.
7. Почему реакция бромирования анилина протекает в мягких условиях? Какой механизм у этой реакции? Приведите его.
8. Приведите примеры проявления биологической активности соединений, относящихся к классу аминов.
9. В чем отличие реакций азотистой кислоты с ароматическими аминами от той же реакции с алифатическими аминами? Почему реакция диазотирования анилина идет при низких температурах и в кислой среде?

10. Какие реакции относятся к реакциям азосочетания? Напишите уравнение соответствующей реакции с участием N,N-диметиланилина и сульфаниловой кислотой. Где применяются продукты азосочетания.

#### Раздел «Гетероциклические соединения»

1. С какими соединениями бензольного ряда можно сравнивать фуран, пиррол и тиофен по их способности вступать в реакции электрофильного замещения?
2. У какого соединения: фурана, пиррола или тиофена более сильно выражены свойства диена с сопряженными двойными связями? Напишите для него реакции присоединения брома и хлора.
3. Предложите схему получения метилового эфира пиррол-2-карбоновой кислоты из пиррола.
4. Какими способами можно получить из фурфурола: а) фуран-2-карбоновую кислоту; б) фурфуриловый спирт; г) фуран?
5. Сравните взаимодействие пиридина и пиррола с сильными кислотами на холоду. Почему для пиридина не наблюдается осмоления, характерного в этих условиях для пиррола?
6. Сравните взаимодействие пиридина и пиррола с сильными кислотами на холоду. Почему для пиридина не наблюдается осмоления, характерного в этих условиях для пиррола?
7. Следующие соединения расположите в порядке уменьшения основности: а) пиридин; б) пиперидин; в) пиррол; г) анилин; д) аммиак; е) метиламин. Дайте объяснения.
8. Расположите в порядке возрастания реакционной способности в условиях электрофильного замещения: бензол, нафталин, тиофен, пиридин. Напишите реакции бромирования каждого соединения.
9. Какие природные гетероциклические соединения Вы знаете? Какова их биологическая роль?
10. Почему фуран и пиррол проявляют ацидофобные свойства?

#### 4. 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 бала - 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 бала - 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 бала - 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 бал - 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**

Текущий контроль знаний студентов осуществляется с учётом глубины усвоения теоретических основ курса "Органическая химия" при написании контрольных работ. По результатам написания контрольных работ студенту выставляется оценка дифференцированного зачета как среднее арифметическое оценок за контрольные работы.

Студенты, получившие по дифференцированному зачету положительную оценку допускаются до промежуточной аттестации, которая проводится в виде экзамена. Опрос студентов на экзамене проводится по билетам. Опрос студента на экзамене не должен превышать одного астрономического часа.