

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Лужанин Владимир Геннадьевич  
Должность: исполняющий обязанности ректора  
Дата публикации: 12.08.2021  
Уникальный программный ключ:  
4f6042f92f26818253a667205646475b93807ac6

**МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**  
**«Пермская государственная фармацевтическая академия»**  
**Министерства здравоохранения Российской Федерации**

Кафедра общей и органической химии

*(наименование кафедры)*

УТВЕРЖДЕНА

решением кафедры

Протокол от «25» августа 2021 г.

№ 15

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.Б.16 Органическая химия

*(индекс, наименование дисциплины, в соответствии с учебным планом)*

Б1.Б.16 Орг. х.

*(индекс, краткое наименование дисциплины)*

19.03.01 Биотехнология

*(код, наименование направления подготовки (специальности))*

Фармацевтическая биотехнология

*(направленность(и) (профиль (и)/специализация(и))*

Бакалавр

*(квалификация)*

Очная

*(форма(ы) обучения)*

Год набора – 2022

Пермь, 2021 г.

**Авторы–составители:**

Канд. хим. наук, доцент кафедры общей и органической химии, доцент

Носова Н.В.

Канд. хим. наук, доцент кафедры общей и органической химии, доцент

Першина Н.Н.

заведующий кафедрой общей и органической химии, д-р хим. наук, профессор

Гейн В.Л.

## СОДЕРЖАНИЕ

|    |  |    |
|----|--|----|
| 1. | Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы ..... | 4  |
| 2. | Объем и место дисциплины в структуре ОПОП .....  | 4  |
| 3. | Содержание и структура дисциплины .....  | 5  |
| 4. | Фонд оценочных средств по дисциплине .....   | 11 |
| 5. | Методические материалы для обучающихся по освоению дисциплины ....   | 20 |
| 6. | Учебная литература для обучающихся по дисциплине .....   | 20 |
| 7. | Материально-техническая база, информационные технологии, программное обеспечение и информационные справочные системы .....                 | 21 |

**1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине,  
соотнесенных с планируемыми результатами освоения программы**

| Код компетенции | Наименование компетенции  | Код индикатора достижения компетенции | Наименование индикатора достижения компетенции   | Результаты обучения, соотнесенные с индикаторами достижения компетенций  |
|-----------------|---|---------------------------------------|--|--|
| ОПК-1           | Способен изучать, анализировать, использовать биологические объекты и процессы, основываясь на законах и закономерностях математических, физических, химических и биологических наук и их взаимосвязях. | ИДОПК-1.3                             | Владеет и использует в своей профессиональной деятельности знания законов и закономерностей химических наук. | <p>На уровне знаний:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- знает теоретические основы органической химии, закономерности поведения органических соединений в химических реакциях во взаимосвязи с их строением, спектроскопические методы исследования органических соединений, методы органического синтеза соединений.</li> </ul> <p>На уровне умений:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- прогнозирует свойства органических соединений, опираясь на теоретические концепции органической химии, анализирует и классифицирует органические соединения по функциональным группам и проявляемым свойствам, планирует этапы органического синтеза, интерпретирует и оценивает результаты идентификации органических соединений.</li> </ul> |

**2. Объем и место дисциплины в структуре ОПОП**

Дисциплина Б1.Б.16 Органическая химия относится к базовой части ОПОП, изучается на 2 курсе, в 3, 4 семестрах, общая трудоемкость ее освоения в соответствии с учебным планом составляет 288 часов / 8 зачетных единиц (з. е.).

### 3. Содержание и структура дисциплины

#### 3.1. Структура дисциплины

| № п/п     | Наименование разделов, тем  | Объем дисциплины, час. |   |    |    | Форма текущего контроля успеваемости <sup>1</sup> , промежуточной аттестации |
|-----------|---|------------------------|---|----|----|--|
|           |   | Всего                  | Контактная работа обучающихся с преподавателем по видам учебных занятий |    | СР |  |
|           |   |                        | Л   | ЛЗ |    |  |
| Раздел 1  | Теоретические основы органической химии   | 49                     | 9   | 24 | 16 | К, СЗ, С   |
| Тема 1.1. | Классификация органических соединений по строению углеводородного скелета и по функциональным группам | 6                      |   | 4  | 2  | К  |
| Тема 1.2. | Электронные эффекты как одна из причин возникновения реакционных центров в молекуле                   | 8                      | 2   | 4  | 2  | К  |
| Тема 1.3. | Стереизомерия   | 8                      | 2   | 4  | 2  | К, С   |
| Тема 1.4. | Кислотность и основность органических соединений  | 10                     | 2   | 4  | 4  | К, С   |
| Тема 1.5. | Общая характеристика спектральных методов   | 10                     | 2   | 4  | 4  | СЗ   |
| Тема 1.6. | Общие принципы реакционной способности органических соединений  | 7                      | 1   | 4  | 2  | К  |
| Раздел 2. | Углеводороды  | 29                     | 5   | 16 | 8  | РЗ, С  |
| Тема 2.1. | Предельные углеводороды   | 7                      | 1   | 4  | 2  | РЗ   |
| Тема 2.2. | Непредельные углеводороды   | 10                     | 2   | 6  | 2  | РЗ, С  |
| Тема 2.3. | Ароматические углеводороды  | 12                     | 2   | 6  | 4  | РЗ   |
| Раздел 3. | Гомофункциональные соединения   | 50                     | 12  | 24 | 14 | РЗ   |
| Тема 3.1. | Галогенпроизводные углеводородов  | 7                      | 1   | 4  | 2  | РЗ   |
| Тема 3.2. | Гидроксипроизводные углеводородов   | 13                     | 3   | 6  | 4  | РЗ, С  |
| Тема 3.3. | Алифатические, ароматические амины  | 8                      | 2   | 4  | 2  | РЗ   |
| Тема 3.4. | Диазо-, азосоединения   | 7                      | 1   | 4  | 2  | РЗ, С  |
| Тема 3.5. | Альдегиды и кетоны  | 13                     | 3   | 6  | 4  | РЗ, С  |

| № п/п            | Наименование разделов, тем   | Объем дисциплины, час. |   |    |    | Форма текущего контроля успеваемости <sup>1</sup> , промежуточной аттестации |
|------------------|--|------------------------|---|----|----|--|
|                  |  | Всего                  | Контактная работа обучающихся с преподавателем по видам учебных занятий |    | СР |  |
|                  |  |                        | Л   | ЛЗ |    |  |
| Тема 3.6         | Моно-, дикарбоновые кислоты  | 2                      | 2   | -  | -  | РЗ   |
| Раздел 4         | Гетерофункциональные соединения  | 16                     | 8   | 4  | 4  | К, УИР, С  |
| Тема 4.1         | Галогено-, гидроксикарбоновые кислоты  | 2                      | 2   | -  | -  | К, С   |
| Тема 4.2         | Оксо-, аминокарбоновые кислоты   | 2                      | 2   | -  | -  | К, С   |
| Тема 4.3         | Производные салициловой, сульфаниловой, п-аминобензойной кислот, п-аминофенола, амиды аминокислот, используемые в качестве лекарственных средств | 2                      | 2   | -  | -  | К  |
| Тема 4.4         | Введение в органический синтез   | 10                     | 2   | 4  | 4  | УИР  |
| <i>Семестр 4</i> |  |                        |   |    |    |  |
| Раздел 3         | Гомофункциональные соединения  | 6                      | -   | 4  | 2  | РЗ   |
| Тема 3.6         | Моно-, дикарбоновые кислоты  | 6                      | -   | 4  | 2  | РЗ   |
| Раздел 4         | Гетерофункциональные соединения  | 20                     | -   | 12 | 8  | К, С   |
| Тема 4.1         | Галогено-, гидроксикарбоновые кислоты  | 10                     | -   | 6  | 4  | К, С   |
| Тема 4.2         | Оксо-, аминокарбоновые кислоты   | 10                     | -   | 6  | 4  | К, С   |
| Раздел 5         | Гетероциклические соединения   | 38                     | 10  | 16 | 12 | К, УИР, С  |
| Тема 5.1         | Пятичленные гетероциклы с одним и с двумя гетероатомами  | 14                     | 4   | 6  | 4  | К, С   |
| Тема 5.2         | Шестичленные гетероциклы с одним и с двумя гетероатомами   | 14                     | 4   | 6  | 4  | К, С   |

| № п/п                    | Наименование разделов, тем            | Объем дисциплины, час. |   |     |    | Форма текущего контроля успеваемости <sup>1</sup> , промежуточной аттестации |
|--------------------------|---------------------------------------|------------------------|---|-----|----|--|
|                          |                                       | Всего                  | Контактная работа обучающихся с преподавателем по видам учебных занятий |     | СР |  |
|                          |                                       |                        | Л   | ЛЗ  |    |  |
| Тема 5.3                 | Идентификация органических соединений | 10                     | 2   | 4   | 4  | УИР  |
| Раздел 6                 | Природные органические соединения     | 44                     | 10  | 24  | 10 | РЗ, С  |
| Тема 6.1                 | Моносахариды. Олиго- и полисахариды   | 16                     | 4   | 8   | 4  | РЗ, С  |
| Тема 6.2                 | Пептиды. Белки                        | 8                      | 2   | 4   | 2  | РЗ   |
| Тема 6.3                 | Нуклеиновые кислоты                   | 8                      | 2   | 4   | 2  | РЗ   |
| Тема 6.4                 | Омыляемые липиды                      | 6                      | 1   | 4   | 1  | РЗ   |
| Тема 6.5                 | Терпеноиды. Стероид                   | 6                      | 1   | 4   | 1  | РЗ   |
| Промежуточная аттестация |                                       | 36                     |   |     |    | Экзамен  |
| Всего:                   |                                       | 288                    | 54  | 124 | 74 |  |

*Примечание: \* – формы текущего контроля успеваемости: коллоквиум (К), ситуационные задачи (СЗ), разноуровневые задачи (РЗ), учебно-исследовательская работа (УИР), собеседование (С), промежуточная аттестация (ПА).*

### 3.2. Содержание дисциплины

#### Раздел 1. Теоретические основы органической химии

Тема 1.1. Классификация органических соединений по строению углеводородного скелета и по функциональным группам. Тривиальная, рациональная номенклатура. Основные правила номенклатуры ИЮПАК. Номенклатура углеводородов (алканов, алкенов, алкинов).

Тема 1.2. Электронные эффекты как одна из причин возникновения реакционных центров в молекуле. Строение атома углерода,  $\sigma$ - и  $\pi$ -связей. Индуктивный эффект (+J, -J). Электронодонорные и электроноакцепторные заместители. Сопряженные системы с открытой и замкнутой цепью ( $p, \pi$  и  $\pi, \pi$ -сопряжение). Мезомерный эффект (+M, -M). Способы передачи +M, -M.

Тема 1.3. Стереизомерия. Стереизомерия молекул с одним центром хиральности (энантиомерия). Оптическая активность энантиомеров. Удельное вращение. Проекционные формулы Фишера. Относительная и абсолютная конфигурация. D,L- и R,S-системы стереохимической номенклатуры (глицериновый альдегид, молочная кислота). Стереизомерия молекул с двумя и более центрами хиральности. Различие свойств энантиомеров и диастереомеров. Мезо-формы. Способы разделения рацематов.

Тема 1.4. Кислотно-основные свойства органических соединений. Определение кислотности по Бренстеду и Льюису. Константа диссоциации ( $K_a$ ) и ее отрицательный логарифм ( $pK_a$ ). Факторы, влияющие на силу органических кислот: электроотрицательность и поляризуемость кислотного центра, наличие или отсутствие сопряжения в анионе кислоты, строение радикала, природа растворителя. Типы органических кислот. OH-, SH-, NH-, CH-кислоты. Основность по Бренстеду и

Льюису. Константа диссоциации ( $K_B$ ) и ее отрицательный логарифм ( $pK_B$ ). Константа кислотности сопряженной кислоты  $pK_{BH}^+$ . Факторы, влияющие на силу оснований: электро-отрицательность и поляризуемость основного центра, наличие или отсутствие сопряжения в катионе основания, строение радикала, природа растворителя. Типы органических оснований. Аммониевые, оксониевые и *n*-основания.

Тема 1.5. Общая характеристика спектральных методов. Электронная спектроскопия. Физические основы метода (типы электронных переходов и их энергия). Использование УФ-спектров для характеристики сопряженной системы органического соединения (батохромный и гипсохромный сдвиги). Инфракрасная спектроскопия. Физические основы метода (типы колебаний атомов в молекуле). Характеристические полосы поглощения. Интерпретация инфракрасного спектра. Спектроскопия ядерного магнитного резонанса (ЯМР). Физические основы метода ПМР (протонного магнитного резонанса). Понятие о химическом сдвиге протонов и спин-спиновом взаимодействии. Использование спектров ПМР для установления строения органических соединений. Применение спектральных методов в фармацевтической практике.

Тема 1.6. Общие принципы реакционной способности органических соединений.

Понятие реакционного центра, субстрата, реагента, механизма реакции. Типы химических реакций и реагентов. Классификации химических реакций по числу частиц, принимающих участие в элементарной стадии реакции, по способу разрыва связи в субстрате, по химическим превращениям. Механизмы реакций замещения: радикального, электрофильного, нуклеофильного. Механизмы реакций присоединения и элиминирования. Факторы, влияющие на реакционную способность органических соединений: статические (электронный и пространственный) и динамические (стабильность интермедиатов).

Раздел 2. Углеводороды

Тема 2.1. Предельные углеводороды. Гомологический ряд алканов. Номенклатура. Физические свойства. Спектральные характеристики алканов. Способы получения. Реакции радикального замещения ( $S_R$ ). Механизм реакции. Региоселективность. Понятие о цепных реакциях. Номенклатура циклоалканов. Способы получения. Реакции присоединения, характерные для малых циклов: гидрирование, галогенирование и гидрогалогенирование. Реакции замещения в циклопентане и циклогексане.

Тема 2.2. Непредельные углеводороды. Структурная и геометрическая (цис-, транс-, *E*, *Z*) изомерии. Реакции  $A_E$ : механизм, статистический и динамический факторы, определяющие протекание реакций  $A_E$  по правилу Марковникова в этиленовых углеводородах. Реакции  $A_E$  в ацетиленовых углеводородах. Правило Эльтекова. Реакции окисления алкенов и алкинов. Кислотные свойства алкинов.

Тема 2.3. Ароматические углеводороды. Понятие ароматичности. Общие критерии ароматичности. Электронное строение бензола. Реакции электрофильного замещения ( $S_E$ ), механизм,  $\sigma$ - и  $\pi$ -комплексы. Примеры реакций  $S_E$  (галогенирование, нитрование, сульфирование, алкилирование, ацилирование). Влияние электронодонорных и электроноакцепторных заместителей на направление и скорость реакций электрофильного замещения. Согласованная и несогласованная ориентация. Правила ориентации в ряду нафталина.

Раздел 3. Гомофункциональные соединения

Тема 3.1. Галогенпроизводные углеводородов. Характеристика связи углерод-галоген. Механизмы реакций нуклеофильного замещения галогена ( $S_{N1}$ ,  $S_{N2}$ ). Реакции дегидрогалогенирования ( $E_1$ ,  $E_2$ ) и их конкуренция с реакциями нуклеофильного замещения.



Тема 3.2. Гидроксипроизводные углеводов. Строение, номенклатура спиртов. Кислотноосновные свойства спиртов, фенолов, тиолов. Реакции нуклеофильного замещения  $S_N 1$  и  $S_N 2$ . Реакции электрофильного замещения  $S_E$  в фенолах (нитрование, галогенирование, сульфирование). Строение, номенклатура, химические свойства тиолов и тиоэфиров (образование тиолятов, алкилирование, ацилирование, окисление). Качественные реакции на спирты, фенолы, тиолы.

Тема 3.3. Алифатические и ароматические амины. Строение, номенклатура, способы получения аминов. Основные свойства алифатических и ароматических аминов. Нуклеофильные свойства аминов (образование N-замещенных амидов из производных кислот). Качественные реакции на амины: реакции с азотистой кислотой, бензолсульфохлоридом (проба Гинзбурга); образование оснований Шиффа; изонитрильная проба; образование пикратов третичных аминов. Реакции электрофильного замещения в ароматических аминах (нитрование, галогенирование, сульфирование).

Тема 3.4. Диазо-, азосоединения. Строение и номенклатура диазосоединений. Синтез диазосоединений: условия, механизм реакции диазотирования, техника проведения реакции. Реакции с выделением азота. Реакции азосочетания. Влияние азо-, диазосоставляющей компоненты, рН среды на протекание реакции.

Тема 3.5. Альдегиды и кетоны. Номенклатура оксосоединений. Электронное строение карбонильной группы. Реакции нуклеофильного присоединения ( $A_N$ ) по карбонильной группе. Реакции присоединения–отщепления. Альдольная и кротоновая конденсации. Реакции электрофильного замещения в ароматических альдегидах. Окисление альдегидов и кетонов.

Тема 3.6.Mono-, дикарбоновые кислоты. Электронное строение карбоксильной группы и карбоксилат-аниона как p-π-сопряженных систем. Кислотные свойства карбоновых кислот. Влияние природы радикала на силу кислот. Механизм реакций нуклеофильного замещения ( $S_N$ ) для карбоновых кислот и их функциональных производных. Роль кислотного и основного катализа. Номенклатура дикарбоновых кислот. Способы получения дикарбоновых кислот. Реакции с нуклеофильными реагентами: образование сложных эфиров, ангидридов, галогенангидридов и амидов. Декарбоксилирование и образование циклических ангидридов и имидов. СН-кислотные свойства малонового эфира. Малоновый синтез.

#### Раздел 4. Гетерофункциональные соединения

Тема 4.1. Галогено-, гидроксикарбоновые кислоты. Химические свойства галогенокислот. Способы получения  $\alpha, \beta$  и  $\lambda$ -гидроксикислот. Химические свойства гидроксикислот: реакции отщепления воды; получение и возможность гидролиза простых и сложных эфиров; образование амидов и хлорангидридов.

Тема 4.2. Оксо-, аминокарбоновые кислоты. Конденсация Кляйзена как способ получения сложных эфиров  $\beta$ -оксокислот. Механизм реакции. Химические свойства оксокислот на примере пировиноградной кислоты. Кето-енольная таутомерия ацетоуксусного эфира и его реакционная способность. Кислотное и кетонное расщепление ацетоуксусного эфира. Амфотерность  $\alpha$ -аминокислот. Химические свойства  $\alpha$ -аминокислот. Качественные реакции  $\alpha$ -аминокислот и пептидов.

Тема 4.3. Производные салициловой, сульфаниловой, p-аминобензойной кислот, p-аминофенола, амиды аминокислот, используемые в качестве лекарственных средств

Тема 4.4. Вводное занятие по органическому синтезу. Правила работы в химической лаборатории. Меры безопасности. Синтез органических соединений: литературный поиск синтезируемого соединения; Бельштейн и другие справочники; РЖХим (патентный, авторский, предметный, формульный указатели); выбор оптимальной методики синтеза; оборудование (посуда, приборы и т.д.); расчет требуемых количеств исходных веществ (расчет теоретического выхода целевого продукта); методы работы: нагревание, охлаждение, выделение продукта из реакционной смеси (извлечение-экстракция, отгонка, виды перегонки, отделение твердого продукта от жидкой фазы, очистка, сушка); определение констант: температура кипения, температура плавления; определение выхода целевого продукта; оформление рабочего журнала.

#### Раздел 5. Гетероциклические соединения

Тема 5.1. Пятичленные гетероциклы с одним и с двумя гетероатомами. Ароматический характер пятичленных гетероциклических соединений с одним гетероатомом (пиррол, фуран, тиофен). Особенности ароматических свойств, связанные с природой гетероатома. Реакции электрофильного замещения ( $S_E$ ) – нитрование, сульфирование, галогенирование, алкилирование и ацилирование. Ориентации замещения. Ацидофобность фурана и пиррола. Кислотно-основные свойства пиррола. Строение и ароматичность пиразола, имидазола и тиазола. Реакции электрофильного замещения, ориентация замещения. Кислотно-основные свойства пиразола и имидазола.

Тема 5.2. Шестичленные гетероциклы с одним и с двумя гетероатомами. Ароматический характер азинов. Реакции электрофильного замещения в пиридине, хинолине. Ориентация замещения. Реакции нуклеофильного замещения в пиридине и хинолине. Основные свойства азинов. Строение и ароматичность диазинов (пиридазин, пиримидин, пиразин). Строение и ароматичность феназина, феноксазина, фентиазина. Солеобразование. Таутомерия пиримидиновых оснований (урацил, тимин, цитозин). Барбитуровая кислота, синтез, лактим-лактаманная и кето-енольная таутомерия. Барбитураты. Конденсированные гетероциклы Пурин, строение, ароматичность. Гидрокси- и аминопроизводные пурина: гипоксантин, ксантин, мочевиная кислота, аденин, гуанин.

Метилированные ксантины: теофиллин, теобромин, кофеин. Мурексидная проба. Химическая классификация алкалоидов.

Тема 5.3. Определение функциональных групп органических соединений на примере лекарственных средств. Зачет по знанию функциональных групп и их идентификации. УИР.

#### Раздел 6. Природные органические соединения

Тема 6.1. Углеводы. Строение, номенклатура, оптическая изомерия моносахаридов. Открытые и циклические формы.  $\alpha$ ,  $\beta$ -Аномеры. Химические свойства. О-, N- и S-гликозиды. Получение, свойства, примеры. Качественные реакции на пентозы и гексозы. Ди- и полисахариды. Строение и номенклатура олигосахаридов. Сравнительная характеристика реакционной способности восстанавливающих и невосстанавливающих олигосахаридов.

Тема 6.2. Пептиды, белки. Амфотерность  $\alpha$ -аминокислот. Химические свойства  $\alpha$ -аминокислот. Качественные реакции  $\alpha$ -аминокислот и пептидов. Определение С- и N-концевых аминокислот в пептидах.

Тема 6.3. Нуклеиновые кислоты. Строение нуклеозидов и нуклеотидов. Гидролиз нуклеозидов и нуклеотидов. Строение и биологическая роль РНК, ДНК, коферментов НАД<sup>+</sup> и НАДФ<sup>+</sup>.

Тема 6.4. Омыляемые липиды. Триацилглицерины (жиры, масла). Высшие жирные кислоты как структурные компоненты триацилглицеринов (пальмитиновая, стеариновая, олеиновая,

линолевая, линоленовая). Химические свойства триацилглицеринов (гидролиз, гидрогенизация, окисление). Аналитические характеристики жиров и масел (иодное число, число омыления). Воск, строение. Высшие одноатомные спирты (цетиловый, мирициловый). Пчелиный воск. Спермацет. Твины. Применение в фармации. Фосфатидная кислота. Фосфолипиды (фосфатидилколламины, фосфатидилхолины). Кислотный и щелочной гидролиз фосфолипидов.

Тема 6.5. Терпеноиды. Стероиды. Классификация, отдельные представители моноциклических и бициклических ( $\gamma$ -пинен, борнеол, камфара) терпенов. Ментан и его производные, применяемые в медицине: ментол, терпин. Стероиды. Группы стероидов: стерины, желчные кислоты, кортикостероиды, мужские половые гормоны, женские половые гормоны, агликоны сердечных гликозидов.

#### 4. Фонд оценочных средств по дисциплине

4.1. Формы и материалы текущего контроля.

4.1.1. В ходе реализации дисциплины Б1.Б.16 «Органическая химия» используются следующие формы текущего контроля успеваемости обучающихся: коллоквиумы, разноуровневые задачи, ситуационные задачи, собеседование, учебно-исследовательские работы.

4.1.2. Материалы текущего контроля успеваемости.

Примеры типовых заданий:

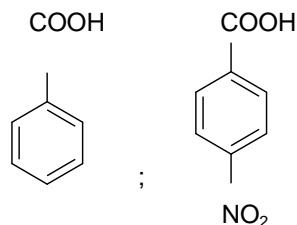
Пример задания **учебно-исследовательской работы** «Идентификация органических соединений». Идентифицировать неизвестное органическое лекарственное средство.

С помощью качественных реакций и данных ультрафиолетовой, инфракрасной спектроскопий и протонного магнитного резонанса установить наличие в выданном соединении одной или нескольких функциональных групп и его структуру. Сделать соответствующий вывод о предполагаемом лекарственном средстве из списка предложенных лекарственных средств. Оформить протокол исследования.

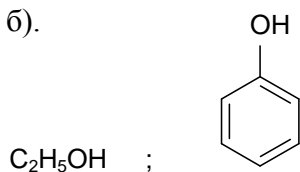
Пример заданий коллоквиума «Теоретические основы органической химии».

1. Исходя из четырех факторов (электроотрицательность кислотного центра, наличие или отсутствие сопряжения в анионе кислоты, влияние ЭД и ЭА заместителей, влияние растворителя) сравните кислотность следующих пар соединений:

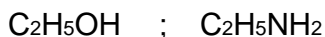
а).



б).



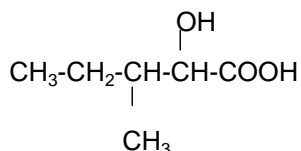
в)



Укажите фактор, по которому сравнивали. Отметьте электронные эффекты заместителей. Напишите выражение  $K_a$  и  $pK_a$  для уравнения:

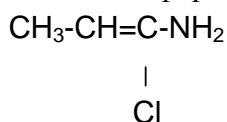


2. Напишите проекционные формулы Фишера для оптических изомеров соединения:



Укажите пары энантиомеров и диастереомеров, назовите по D, L – номенклатуре.

3. Напишите формулы геометрических изомеров для соединения:



Укажите E и Z изомеры.

Пример ситуационных задач по теме «Спектроскопия»

1. Перед группой биотехнологов исследовательской лаборатории поставлена задача: определить состав и строение летучей жидкости - побочного продукта технологического процесса.

Путем элементного анализа ими был установлен состав соединения:  $\text{C}_6\text{H}_{10}$ . В ИК-спектре соединения была обнаружена интенсивная полоса поглощения при  $2100 \text{ см}^{-1}$ , а в спектре ПМР - два одиночных сигнала при  $\delta=1,1$  м.д. и  $\delta=2,9$  м.д. с соотношением интенсивностей 9:1. Определите строение вещества.

2. В процессе органического синтеза научный сотрудник получил два изомера состава  $\text{C}_5\text{H}_8$ . Оба соединения при каталитическом гидрировании превращаются в *n*-пентан, а в ИК-спектре имеют полосу поглощения с частотой  $1650 \text{ см}^{-1}$ . В УФ-спектре один изомер имеет максимум поглощения при  $165 \text{ нм}$ , а второй – при  $225 \text{ нм}$ . Интерпретируйте спектральные данные и установите строение изомеров.

3. Объясните изменения, наблюдаемые в УФ-спектрах анилина при смене растворителей:

в этаноле  $\lambda_{\text{max}} 288 \text{ нм}$ ,  $\epsilon 19000$  в

хлороводородной кислоте  $\lambda_{\text{max}} 270 \text{ нм}$ ,  $\epsilon 970$ .

Пример разноуровневых задач по теме «Углеводороды».

1. Установите строение углеводорода состава  $\text{C}_6\text{H}_{14}$ , если известно, что он бромруется до третичного бромпроизводного состава  $\text{C}_5\text{H}_{13}\text{Br}$ . Углеводород может быть получен из вторичного галогеналкана по реакции Вюрца без побочных продуктов. Напишите уравнения реакций и назовите все соединения.

2. Два изомерных соединения (I и II) состава  $\text{C}_5\text{H}_{10}$  обладают следующими свойствами. Соединение I при действии брома на свету превращается в вещество  $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{Br}$ , а соединение II при бромировании образует соединение состава  $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{Br}_2$ . Соединение I окисляется трудно, в жестких

условиях, в небольших количествах образуется кислота состава  $C_5H_8O_4$ . Соединение II окисляется легко, раствором перманганата калия при комнатной температуре с образованием 2,3-пентандиола. Установите строение соединений I и II, приведите все обозначенные реакции, назовите все соединения.

3. Вещество  $C_6H_{10}$  не реагирует с аммиачным раствором оксида серебра, а при нагревании в воде, содержащей серную кислоту и сульфат ртути, даёт смесь двух кетонов: этилизопропилкетона и метилизобутилкетона. Установите структуру исходного вещества, назовите его по заместительной и рациональной номенклатуре, приведите уравнение реакции его гидратации.

Пример набора вопросов собеседования по теме «Углеводы».

1. О наличии каких функциональных групп в глюкозе свидетельствует образование синего раствора со свежеприготовленным осадком гидроксида меди (II)? Свойства какого класса соединений проявляет в этой реакции глюкоза? Что наблюдается при нагревании данного раствора? Каков химизм протекающей реакции? О наличии какой группы в глюкозе свидетельствует данная реакция? Приведите уравнения реакций.

2. Какой химический процесс протекает при кипячении древесных опилок с конц. хлороводородной кислотой? Какое вещество образуется из пентозы при дальнейшем нагревании реакционной смеси? Что наблюдается при добавлении к реакционной смеси анилина? Приведите уравнения реакций.

3. Что наблюдается при взаимодействии сахарозы со свежесажженным гидроксидом меди (II)? О наличии каких групп в сахарозе это свидетельствует? Что происходит при нагревании раствора? Объясните, почему сахароза относится к невосстанавливающим дисахаридам.

4.1.3. Шкала оценивания для текущего контроля.

Учебно-исследовательская работа «Идентификация органических соединений».

Оценка «отлично»: обучающийся безошибочно идентифицировал заданное органическое лекарственное средство: провел качественный анализ вещества, проанализировал данные качественного анализа, интерпретировал и обработал спектральные данные вещества, сделал вывод о его структуре и строении и определил его среди предложенных лекарственных средств; грамотно оформил протокол исследования.

Оценка «хорошо»: обучающийся верно идентифицировал заданное органическое лекарственное средство, но допустил незначительные ошибки на одной или двух стадиях исследования.

Оценка «удовлетворительно»: обучающийся верно идентифицировал заданное органическое лекарственное средство, но допустил ошибки на трёх и более стадиях исследования.

Оценка «неудовлетворительно»: обучающийся неверно идентифицировал заданное органическое лекарственное средство.

Коллоквиум по теме «Теоретические основы органической химии»:

Оценка «отлично»: обучающийся сравнивает заданные соединения по кислотности и основности, выделяет среди них более сильное соединение, аргументирует свой ответ. Обучающийся выделяет асимметрический центр молекулы, определяет количество стереоизомеров, изображает их с помощью формул Фишера, классифицирует их по D,L- и R,S- номенклатурам. Обучающийся выделяет соединения, существующие в виде геометрических изомеров, изображает эти изомеры, классифицирует их по цис-транс- и E-,Z-номенклатурам.

Оценка «хорошо»: обучающийся сравнивает соединения по кислотности-основности, но не может чётко аргументировать свой ответ. Обучающийся выделяет асимметрический центр молекулы, определяет количество стереоизомеров, изображает их с помощью формул Фишера, классифицирует их по D,L- и R,S- номенклатурам, но допускает незначительные ошибки на одном из этапов, за исключением первого. Обучающийся выделяет соединения, существующие в виде геометрических изомеров, изображает эти изомеры, классифицирует их по цис-, транс- и E,Z-номенклатурам, но допускает незначительные ошибки на одном из этапов, за исключением первого.

Оценка «удовлетворительно»: обучающийся справляется со всеми заданиями, но допускает значительные ошибки.

Оценка «неудовлетворительно»: обучающийся не справляется с поставленной задачей больше, чем в половине заданий.

Ситуационные задачи по теме «Спектроскопия».

Оценка «отлично»: обучающийся анализирует спектроскопические данные соединения, интерпретирует и применяет их для установления структуры соединения, устанавливает структуру соединения, аргументирует свой ответ.

Оценка «хорошо»: обучающийся анализирует спектроскопические данные соединения, интерпретирует и применяет их для установления структуры соединения, устанавливает структуру соединения, но не может аргументировать свой ответ.

Оценка «удовлетворительно»: обучающийся справляется со всеми заданиями, но допускает 2-3 ошибки.

Оценка «неудовлетворительно»: обучающийся не справляется с поставленной задачей в половине заданий и более.

Разноуровневые задачи по теме «Углеводороды».

Оценка «отлично»: обучающийся использует, анализирует теоретические данные о способах получения и свойствах углеводородов для установления структуры заданных соединений. Даёт названия углеводородам по заместительной номенклатуре ИЮПАК и по рациональной номенклатуре.

Оценка «хорошо»: обучающийся использует, анализирует теоретические данные о способах получения и свойствах углеводородов для установления структуры заданных соединений, даёт названия углеводородам по заместительной номенклатуре ИЮПАК и по рациональной номенклатуре, но совершает 2-3 незначительных ошибки.

Оценка «удовлетворительно»: обучающийся справляется со всеми заданиями, но допускает 2-3 ошибки.

Оценка «неудовлетворительно»: обучающийся не справляется с поставленной задачей в половине заданий и более.

Собеседования по теме «Углеводы».

Оценка «зачтено»: 1) обучающийся проводит лабораторный практикум, 2) оформляет протокол практикума, 3) отвечает на вопросы собеседования.

Оценка «не зачтено»: обучающийся не выполняет один и более из вышеперечисленных пунктов.

4.2. Формы и материалы промежуточной аттестации.

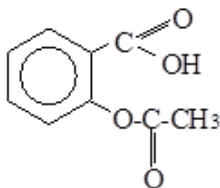
4.2.1. Промежуточная аттестация проводится в форме письменного экзамена.

#### 4.2.2. Оценочные средства для промежуточной аттестации.

Пример экзаменационного билета

Билет 1.

##### Задание I.



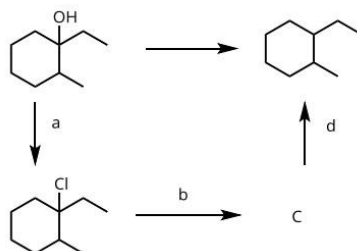
Ацетилсалициловая кислота (Acid acetylsalicylic) – лекарственное средство, оказывающее противовоспалительное, анальгезирующее и жаропонижающее действие. Механизм действия связан с угнетением активности циклооксигеназы - основного фермента метаболизма арахидоновой кислоты, являющейся предшественником простагландинов, которые играют главную роль в патогенезе воспаления, боли и лихорадки.

Для данного соединения:

1. Дайте название по заместительной номенклатуре ИЮПАК. (1 б.)
2. Установите заряд молекулы при pH=7. (1 б.)
3. Обозначьте и назовите все функциональные группы.(1 б.) Подтвердите их наличие соответствующими качественными реакциями. (4 б.)
4. Отметьте группу, проявляющую отрицательный индуктивный и отрицательный мезомерный эффекты. Проиллюстрируйте реакционные центры, которые появляются в ароматическом кольце под её влиянием. (1 б.)
5. Приведите реакцию кислотного гидролиза. В ароматическом продукте сравните кислотность функциональных групп. Обоснуйте. (3 б.)
6. Интерпретируйте ультрафиолетовый спектр поглощения: 0,007 % раствор в хлороформе имеет максимум поглощения при 278 нм (обозначьте хромофоры и их максимумы поглощения). (2 б.)
7. Используя справочные данные, предположите характеристические полосы поглощения в ИКспектре. (2 б.)
8. Предложите ПМР-спектр поглощения с указанием величин химических сдвигов протонов, мультиплетности сигналов и интегральной кривой. (4 б.)
9. Разработайте схему синтеза из бензола. (5 б.)

##### Задание II.

Предложите последовательность реакций, позволяющую осуществить следующее превращение:



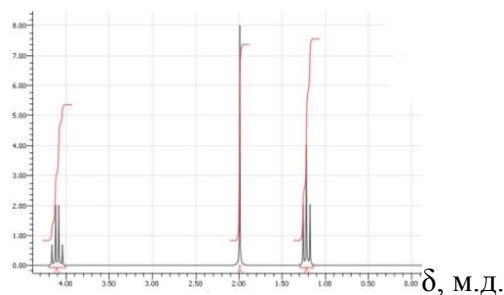
Приведите реагенты a, b, d и промежуточный продукт С. (4 б.) Назовите все соединения. (2 б.)

##### Задание III.

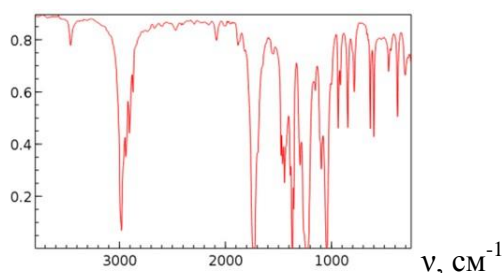
Биотехнолог-исследователь при проведении синтеза получил побочный продукт X (жидкость).

Для идентификации продукта исследователем были проведены следующие анализы:

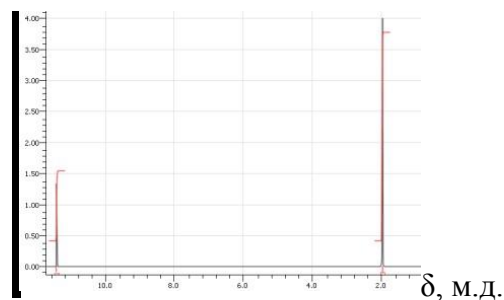
1. Элементный анализ. Результат: состав молекулы  $C_4H_8O_2$ .
2. Снят спектр ЯМР  $^1H$ . Результат: 3 сигнала с  $\delta$ , м.д.: 1,21 т, 1,99 с, 4,11 к. Интенсивность сигналов 3:3:2.



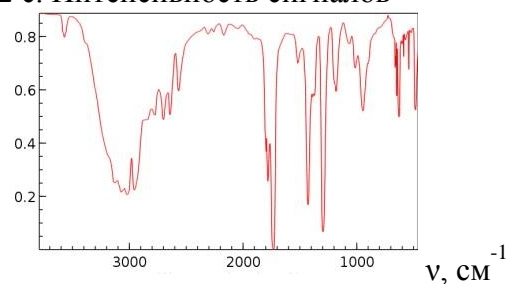
3. ИК спектр:



4. Гидролизом соединения X в кислых условиях были получены соединения Y и Z. Эти два соединения разделяли и анализировали спектроскопически. Соединение Y дало следующие ЯМР  $^1H$  и ИК спектры:



Результат:  $\delta$ , м.д.: 1,96 с, 11,42 с. Интенсивность сигналов 3:1.



Проанализируйте данные. Установите структуру соединений X, Y, Z. Мотивируйте свой ответ, интерпретируйте спектральные данные. Дайте названия соединений по заместительной номенклатуре ИЮПАК. (10 б.).

Задание IV. Решите тест (10б.).

1. В результате взаимодействия каких из перечисленных пар исходных соединений может быть получен третичный бромистый бутил?

1.  $CH_2=C(CH_3)_2$  и  $HBr$
2.  $(CH_3)_3CH$  и  $Br_2$
3.  $CH_2=C(CH_3)_2$  и  $Br_2$
4.  $CH_3-C\equiv C-CH_3$  и  $HBr$
5.  $CH_2=C(CH_3)_2$  и  $HBr$  (в присутствии  $H_2O_2$ )



А. Только 1 и 2; Б. Только 3 и 4; В. Только 1,2 и 4; Г. Только 1,3 и 5; Д. Только 2,4 и 5.

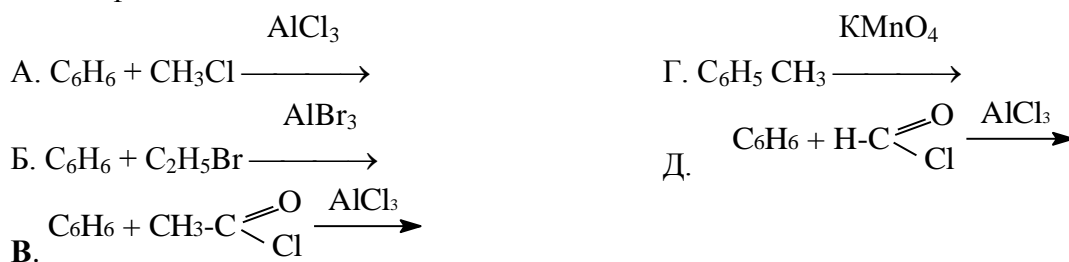
2. Из приведенных реагентов выберите тот, который можно использовать для качественного обнаружения глицерина:

А.  $\text{HNO}_3$     Б.  $\text{CH}_3\text{COOH}/\text{H}^+$     В.  $\text{CuSO}_4/\text{NaOH}$     Г.  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$     Д.  $\text{Br}_2$

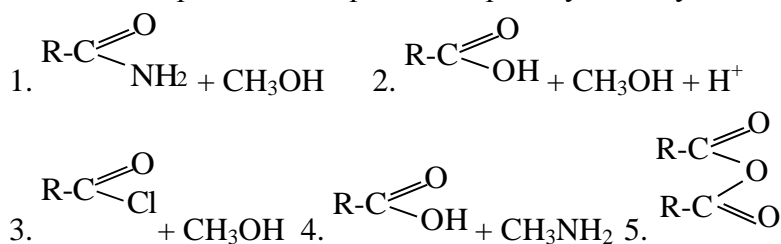
3. Продуктом следующих превращений является:  $\text{CH}_3\text{C}\equiv\text{N} \xrightarrow{2\text{H}_2} \text{A} \xrightarrow{\text{HCl}} \text{B} + \text{CH}_3\text{OH}$

А.  $[\text{CH}_3\text{N}^+\text{H}_3]\text{Cl}^-$     Б.  $[\text{C}_2\text{H}_5\text{-N}^+\text{H}_3]\text{Cl}^-$     В.  $\text{C}_2\text{H}_6 + \text{N}^+\text{H}_4\text{Cl}^-$   
 Г.  $2\text{CO} + \text{N}^+\text{H}_4\text{Cl}^-$     Д.  $\text{CH}_2\text{Cl-CH}_2\text{-NH}_2 + \text{H}_2$

4. В каком из перечисленных примеров взаимодействия исходных веществ продуктом реакций является ацетофенон?

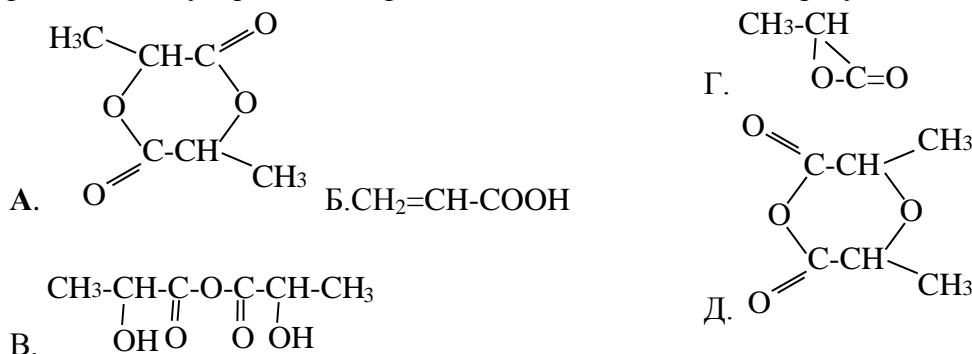


5. Какие из приведенных реакций приведут к получению сложных эфиров?

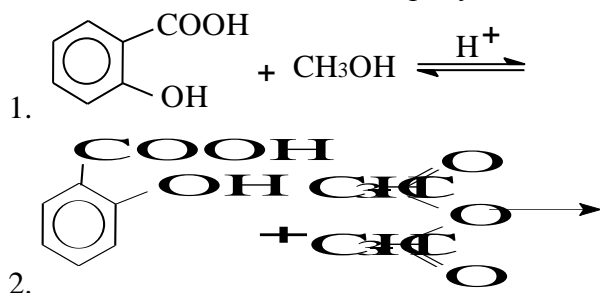


А. Только 1,2 и 3  
 Б. Только 1,3 и 4  
**В. Только 2,3 и 5**  
 Г. Только 2,4 и 5  
 Д. Все

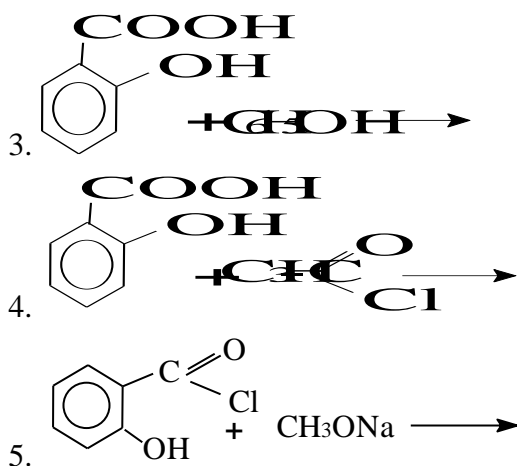
6. При межмолекулярной дегидратации молочной кислоты образуется:



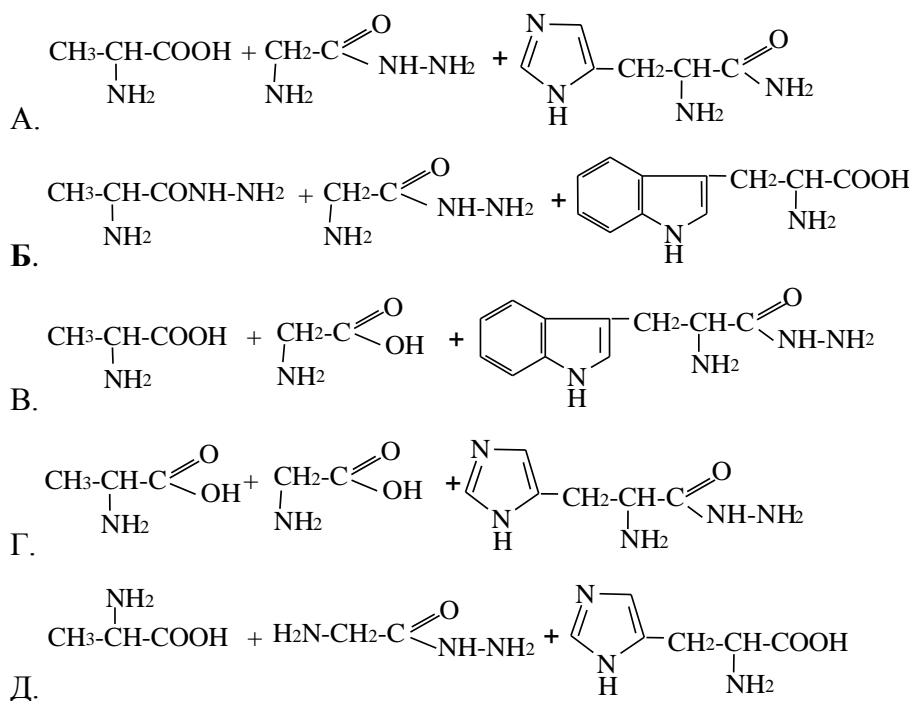
7. Ацетилсалициловая кислота является продуктом следующих реакций:



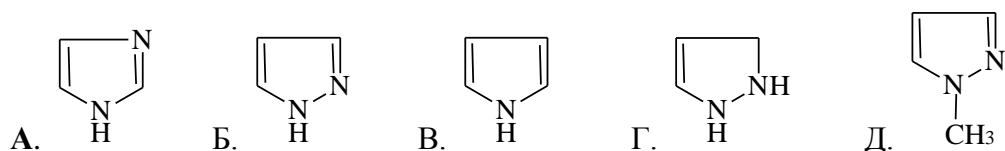
А. Всех  
 Б. Только 1,2,4 и 5  
 В. Только 2,4 и 5  
 Г. Только 1,2 и 5  
 Д. Только 2 и 4



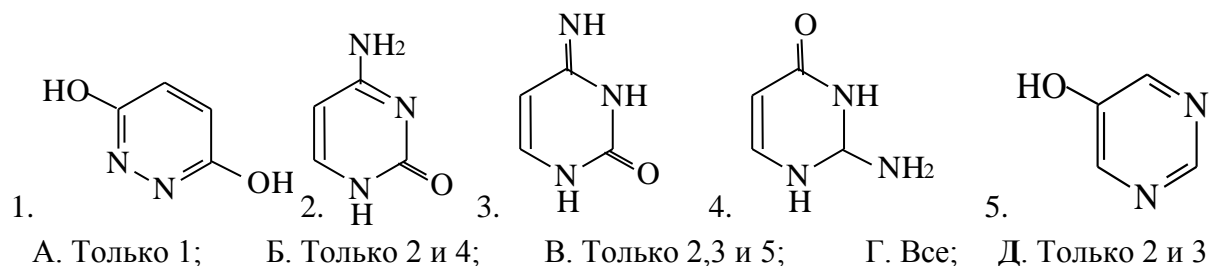
8. При взаимодействии трипептида аланилглицилтриптофана с гидразином образуются следующие соединения:



9. Какой из перечисленных продуктов образуется в результате реакции присоединения диазометана ( $\text{CH}_2=\text{N}^+=\text{N}^-$ ) к ацетилену?



10. Для каких из приведенных структур свойственна амино-иминная таутомерия?



#### 4.2.3. Шкала оценивания.

Оценка «отлично»: обучающийся грамотно применяет данные анализа органических соединений для установления их структуры, использует теоретические основы органической химии для прогнозирования свойств соединений, планирует многостадийный синтез органического соединения, осуществляет химический анализ органического соединения (качественные реакции на функциональные группы) и составляет отчет о проделанной работе, знает и применяет способы получения и свойства органических соединений (сумма набранных баллов составляет от 45 до 50).

Оценка «хорошо»: обучающийся справляется с выше перечисленными заданиями, но допускает незначительные ошибки (сумма набранных баллов составляет от 35 до 44).

Оценка «удовлетворительно»: обучающийся справляется с заданиями, но допускает ошибки (сумма набранных баллов составляет от 27 до 43).

Оценка «неудовлетворительно»: обучающийся не справляется с большинством заданий экзаменационного билета (сумма набранных баллов составляет менее 27).

#### 4.3. Соответствие оценочных средств промежуточной аттестации по дисциплине формируемым компетенциям

| Код компетенции | Код индикатора достижения компетенции | Оценочные средства промежуточной аттестации |
|-----------------|---------------------------------------|---|
|                 |                                       | Ситуационные и разноуровневые задачи, тест  |
| ОПК-1           | ИДОПК-1.3                             | +   |

#### 4.4. Критерии оценки сформированности компетенций в рамках промежуточной аттестации по дисциплине

| Код компетенции | Код индикатора достижения компетенции | Структурные элементы оценочных средств | Критерии оценки сформированности компетенции   |   |
|-----------------|---------------------------------------|--|--|---|
|                 |                                       |  | Не сформирована  | Сформирована  |
| ОПК-1           | ИДОПК-1.3                             | Ситуационные и разноуровневые задачи   | <p>- не знает теоретические основы органической химии, закономерности поведения органических соединений в химических реакциях во взаимосвязи с их строением, спектроскопические методы исследования органических соединений, методы органического синтеза соединений.</p> <p>- не может прогнозировать свойства органических соединений, опираясь на теоретические концепции органической химии, анализировать и</p> | <p>- знает теоретические основы органической химии, закономерности поведения органических соединений в химических реакциях во взаимосвязи с их строением, спектроскопические методы исследования органических соединений, методы органического синтеза соединений.</p> <p>- прогнозирует свойства органических соединений, опираясь на теоретические концепции органической химии, анализирует и классифицирует</p> |

|  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|
|  |  |  | классифицировать органические соединения по функциональным группам и проявляемым свойствам, планировать этапы органического синтеза, интерпретировать и оценивать результаты идентификации органических соединений | органические соединения по функциональным группам и проявляемым свойствам, планирует этапы органического синтеза, интерпретирует и оценивает результаты идентификации органических соединений. |
|--|--|--|--|--|

Компетенция считается сформированной на уровне требований к дисциплине в соответствии с образовательной программой, если по итогам применения оценочных средств промежуточной аттестации или их отдельных элементов результаты, демонстрируемые обучающимся, отвечают критерию сформированности компетенции.

Если по итогам проведенной промежуточной аттестации хотя бы одна из компетенций не сформирована на уровне требований к дисциплине в соответствии с образовательной программой (результаты обучающегося не соответствуют критерию сформированности компетенции), обучающемуся выставляется оценка "неудовлетворительно".

### **5. Методические материалы для обучающихся по освоению дисциплины**

Методические материалы для обучающихся по дисциплине Б1.Б.16 Органическая химия (полный комплект находится на кафедре общей и органической химии).

### **6. Учебная литература для обучающихся по дисциплине**

#### 6.1. Основная литература.

1. Белобородов В.Л., Зубарян С.Э., Лузин А.П., Тюкавкина А.Н. Органическая химия. В 2 кн. - М.: Дрофа, 2002. – Кн.1: Основной курс. – 640 с., М.: Дрофа, 2008. – Кн. 2: Специальный курс. – 592 с.
2. Лузин А.П., Зурабян С.А., Тюкавкина Н.А. Органическая химия. М.: Медицина, 2002. – 512 с.
3. Теренин В.И., Ливанцов М.В., Ливанцова Л.И. и др. Практикум по органической химии. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. -568 с.
4. Тюкавкина Н.А., Бауков Ю.И. Биоорганическая химия. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2014 г. – 416 с.
5. Руководство к лабораторным занятиям по органической химии. / Под редакцией Тюкавкиной Н.А./ М.: Дрофа, 2003. – 384 с.

#### 6.2. Дополнительная литература.

1. Титце Л., Айхер Т. Препаративная органическая химия. М.: Мир, 2004. – 704 с.
2. Органикум: в 2-х т. М.: Мир, 1992. т. 1 – 487 с., т. 2 – 472 с.
3. Сайкс П. Механизмы реакций в органической химии. М.: Химия, 1991. – 447 с.
4. Гауптман З., Грефе Ю., Ремане Х. Органическая химия. М.: Химия, 1979. – 832 с.
5. Казицына Л.А., Куплетская Н.Б. Применение УФ-, ИК-, ЯМР- и масс-спектропии в органической химии. М.: МГУ, 1979. – 240 с.
6. Вопросы и задачи по органической химии для подготовки к лабораторным занятиям: практикум / Н.М. Игидов, Н.В. Носова, Н.Н. Першина, О.В. Гашкова, Е.С. Лиманский, В.Л. Гейн - Пермь, 2016. - 88 с.

7. Механизмы реакций в органической химии: учебное пособие / Н.М. Игидов, Н.В. Носова, Н.Н. Першина, Е.С. Лиманский-Пермь, 2016. - 66 с.
8. Номенклатура органических соединений. Теоретические основы органической химии: учебнометодическое пособие / А.Г. Михайловский, Н.М. Игидов, Н.В. Носова, Н.Н. Першина, О.В. Гашкова - Пермь, 2011. – 82 с.
9. Тренировочные тестовые задания по органической химии. Часть 1.: Задачник / Н.М. Игидов, Н.В. Носова, Н.Н. Першина, О.В. Гашкова, Е.С. Лиманский, В.Л. Гейн - Пермь, 2016.-88 с.

#### **7. Материально-техническая база, информационные технологии, программное обеспечение и информационные справочные системы**

В процессе изучения дисциплины используются: учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, лабораторное и инструментальное оборудование для работы студентов.

Оборудование: мультимедийный комплекс (ноутбук, проектор, экран), наборы таблиц/мультимедийных наглядных материалов по разделу «теоретические основы органической химии», доска; наборы реактивов и оборудования для проведения лабораторного практикума по разделам курса.

## АННОТАЦИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ

### Б1.Б.16 Органическая химия

**Код и наименование направления подготовки, профиля:** 19.03.01 Биотехнология, фармацевтическая биотехнология.

**Квалификация (степень) выпускника:** бакалавр.

**Форма обучения:** очная.

#### **Формируемые компетенции:**

ОПК-1. Способен изучать, анализировать, использовать биологические объекты и процессы, основываясь на законах и закономерностях математических, физических, химических и биологических наук и их взаимосвязях; формируется данной дисциплиной частично.

ИДОПК-1.3. Владеет и использует в своей профессиональной деятельности знания законов и закономерностей химических наук.

#### **Объем и место дисциплины в структуре ОПОП:**

Дисциплина Б1.Б.16 Органическая химия относится к базовой части ОПОП, изучается в III, IV семестрах второго курса, общая трудоемкость ее освоения в соответствии с учебным планом составляет 288 часов / 8 з.е.

#### **Содержание дисциплины**

Раздел 1. Теоретические основы органической химии. Тема 1.1. Классификация органических соединений по строению углеводородного скелета и по функциональным группам. Тема 1.2. Электронные эффекты как одна из причин возникновения реакционных центров в молекуле. Тема 1.3. Стереоиomerия. 1.4. Кислотно-основные свойства органических соединений. Тема 1.5. Общая характеристика спектральных методов. Тема 1.6. Общие принципы реакционной способности органических соединений.

Раздел 2. Углеводороды. Тема 2.1. Предельные углеводороды. Тема 2.2. Непредельные углеводороды. Тема 2.3. Ароматические углеводороды.

Раздел 3. Гомофункциональные соединения. Тема 3.1. Галогенпроизводные углеводородов. Тема 3.2. Гидроксипроизводные углеводородов. Тема 3.3. Алифатические и ароматические амины. Тема 3.4. Диазо, азосоединения. Тема 3.5. Альдегиды и кетоны. Тема 3.6. Моно-, дикарбоновые кислоты.

Раздел 4. Гетерофункциональные соединения. Тема 4.1. Галогено-, гидроксикарбоновые кислоты. Тема 4.2. Оксо-, аминокарбоновые кислоты. Тема 4.3. Вводное занятие по органическому синтезу.

Раздел 5. Гетероциклические соединения. Тема 5.1. Пятичленные гетероциклы с одним и с двумя гетероатомами. Тема 5.2. Шестичленные гетероциклы с одним и с двумя гетероатомами. Тема 5.3. Определение функциональных групп органических соединений на примере лекарственных средств.

Раздел 6. Природные органические соединения. Тема 6.1. Углеводы. Тема 6.2. Аминокислоты. Пептиды. Белки. Тема 6.3. Нуклеиновые кислоты. Тема 6.4. Омыляемые липиды. Тема 6.5. Терпеноиды. Стероиды.

**Форма промежуточной аттестации** – экзамен.