

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Смирнов Сергей Николаевич  
Должность: врио ректора  
Дата подписания: 28.09.2023 14:30:56  
Уникальный программный ключ:  
69e375c64f7e975d4e8830e7b4fcc2ad1bf35f08

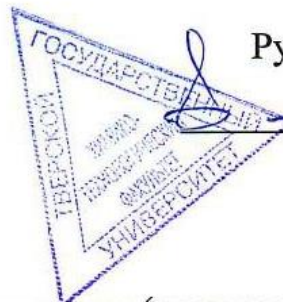
Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет»

Утверждаю:

Руководитель ООП

Феофанова М.А.

27 июня 2023 г



Рабочая программа дисциплины (с аннотацией)

## Физическая органическая химия

Специальность

04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия

Специализация

Химия функциональных материалов

Для студентов 4 курса очной формы обучения

Составитель: д.х.н., профессор Ворончихина Л.И.

Тверь, 2023

## **I. Аннотация**

### **1. Цель и задачи дисциплины:**

**Цель** освоения курса заключается в изучении студентами вопросов строения и реакционной способности органических соединений и формирование у них целостного представления о проблемах теоретической органической химии.

Основные задачи курса заключаются в углубленном освоении студентами понятийного аппарата, базовых положений и понятий теоретической органической химии, закреплении навыков поиска, анализа и обобщения научных данных и формировании представлений о направлениях развития современной теоретической органической химии.

Изучение дисциплины предполагает предшествующее успешное освоение соответствующих дисциплин базовой и специализированной подготовки. Курс опирается на базовые знания, полученные в ходе изучения органической химии и физической химии. Однако основная часть материала, касающихся природы химической связи, структуры органических соединений и некоторых проблем реакционной способности происходит более детально и глубоко. Чтение данного курса предусмотрено для формирования у студентов умения свободно владеть вопросами, связанными с изучением структуры органических соединений, связи между строением и реакционной способностью, механизмов органических реакций.

### **2. Место дисциплины в структуре ООП**

Дисциплина «Физическая органическая химия» входит в Элективные дисциплины 3 Части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1. «Дисциплины» учебного плана.

Курс опирается на такие ранее изученные дисциплины, такие как неорганическая химия, органическая химия, аналитическая химия, физическая химия. Знания и навыки, полученные студентами в результате изучения дисциплины, необходимы для формирования ее связи с другими дисциплинами. Изучение данного курса благоприятствует успешному изучению последующих дисциплин.

### **3. Объем дисциплины: 5 зачетных единиц, 180 академических часов, в том числе:**

**контактная аудиторная работа:** лекции **28** часов, лабораторные работы **56** часов, в т.ч. лабораторная практическая подготовка – **56** часов;

**самостоятельная работа:** **42** часа, контроль **54** часа.

### **4. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

Планируемые результаты освоения образовательной программы (формируемые компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ПК-1 Способен выбирать и использовать технические средства и методы испытаний для решения исследовательских задач химической направленности, поставленных специалистом более высокой квалификации	ПК-1.1 Планирует отдельные стадии исследования при наличии общего плана НИР  ПК-1.2 Выбирает технические средства и методы испытаний (из набора имеющихся) для решения поставленных задач НИР  ПК-1.3 Готовит объекты исследования
ПК-2 Способен оказывать информационную поддержку специалистам, осуществляющим научно-исследовательские работы	ПК-2.1 Проводит первичный поиск информации по заданной тематике (в т.ч., с использованием патентных баз данных) ПК-2.2 Анализирует и обобщает результаты патентного поиска по тематике проекта в выбранной области химии (химической технологии)

**5. Форма промежуточной аттестации и семестр прохождения:**  
экзамен в 8-м семестре.

**6. Язык преподавания русский.**

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

Учебная программа – наименование разделов и тем	Всего (час.)	Контактная работа (час.)			Самостоятельная работа, в том числе Контроль (час.)
		Лекции	Лабораторные работы (оставить нужное)	Контроль самостоятельной работы (в том числе курсовая работа)	

<b>Тема 1. Введение.</b> Проблема химической связи. Основы волновой механики. Молекулярные орбитали. Состояние связей у углерода. Особенности сопряженных связей.	11	2		4	5
<b>Тема 2. Распределение электронной плотности в органических молекулах</b> Строение и реакционная способность. Индуктивный эффект. Мезомерный эффект. Ароматическое состояние. О сверхсопряжении. Количественный анализ. Корреляционные уравнения. Индукционные константы заместителей. Электрофильные ( $\sigma^+$ ) и нуклеофильные ( $\sigma^-$ ) константы заместителей.	41	6	15	12	8
<b>Тема 3. Общие данные о протекании органических реакций</b> Классификация реакций и реагентов. Кинетика реакций. Теория переходного состояния. Кинетические изотопные эффекты. Элементарные акты реакции.	42	6	15	12	9
<b>Тема 4. Нуклеофильное замещение у насыщенного атома углерода</b> Мономолекулярное замещение. Бимолекулярное замещение. Влияние растворителя на ход реакции. Многоцентровые механизмы. Влияние нуклеофила. Эффекты соседних групп.	48	8	15	15	10
<b>Тема 5. Радикальные реакции</b> Получение и обнаружение свободных радикалов. Теория свободных радикалов. Типы реакций. Радикальное замещение. Радикальные реакции присоединения. Радикальная цепная полимеризация.	38	6	11	11	10
<b>ИТОГО</b>	<b>180</b>	<b>28</b>	<b>56</b>	<b>54</b>	<b>42</b>

### III. Образовательные технологии

Учебная программа – наименование разделов и тем (в строгом соответствии с разделом II РПД)	Вид занятия	Образовательные технологии
<b>Тема 1. Введение.</b>	Лекция	Традиционные (фронтальная лекция)
<b>Тема 2. Распределение электронной плотности в органических молекулах</b>	Лекция Лабораторная работа	Традиционные (фронтальная лекция) Технология проблемного обучения Групповая работа
<b>Тема 3. Общие данные о протекании органических реакций</b>	Лекция Лабораторная работа	Традиционные (фронтальная лекция) Технология проблемного обучения Групповая работа
<b>Тема 4. Нуклеофильное замещение у насыщенного атома углерода</b>	Лекция Лабораторная работа	Традиционные (фронтальная лекция) Технология проблемного обучения Групповая работа
<b>Тема 5. Радикальные реакции</b>	Лекция Лабораторная работа	Традиционные (фронтальная лекция) Технология проблемного обучения Групповая работа

#### **IV. Оценочные материалы для проведения текущей и промежуточной аттестации**

##### **Оценочные материалы (фонд оценочных средств)**

**для проведения диагностической работы в рамках аккредитационных показателей по образовательным программам высшего образования**

04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия.

Химия функциональных материалов

ПК-1. Способен выбирать и использовать технические средства и методы испытаний для решения исследовательских задач химической направленности, поставленных специалистом более высокой квалификации.

(код, наименование компетенции)

Номер задания	Правильный ответ (ключ)	Содержание вопроса/задания	Критерии оценивания заданий

<b>Задания закрытого типа</b>			
1	Б	<b>Какие связи существуют в молекуле хлорэтана?</b> А. Водородные. Б. Ковалентные. В. Ионные. Г. Семиполярные.	1 балл за правильный ответ
2	<b>Химическая связь</b> — повышенная электронная плотность в пространстве между ядрами, возникающая при перекрывании электронных орбиталей.	<b>Дать определение химической связи.</b>	1 балл за правильный ответ
3	В	<b>Какое соединение является более сильной кислотой?</b> А. $\text{CH}_3\text{OH}$ . Б. $\text{CH}_3\text{NH}_2$ . В. $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$ . Г. $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ .	1 балл за правильный ответ
4	<b>Энергия связи</b> — количество теплоты, выделяющееся при образовании 1 моля вещества.	<b>Дать определение энергии связи.</b>	1 балл за правильный ответ
5	А	<b>Какое соединение имеет более полярные С-Н-связи:?</b> А. 1-Нитропропен-1. Б. 1-Нитропропан. В. 1-Бромпропан. Г. 3-Бромпропен-1.	1 балл за правильный ответ
<b>Задания открытого типа</b>			
6	<b>Расположите кислоты по возрастанию константы диссоциации: уксусная, циануксусная, 2-цианпропионовая.</b>		3 балла
Правильный ответ (ключ): 1. Запишем формулы кислот: а) $\text{CH}_3\text{COOH}$ ; б) $\text{CNCH}_2\text{COOH}$ ; в) $\text{CNCH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$ . 2. Оценим влияние заместителя: CN-группа проявляет -I-эффект в этих соединениях. 3. Самой сильной кислотой будет $\text{CNCH}_2\text{COOH}$ , т.к. заместитель находится в 1-м положении.			1 балл 1 балл 1 балл Итого: 3 балла

7	<b>Изобразите химические связи в молекуле хлорэтана.</b>	3 балла
Правильный ответ (ключ): 1. Запишем формулу: $\text{Cl}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ . 2. Оцениваем перекрывание орбиталей в молекуле: $\text{C}-\text{H}$ 5 орбиталей $\text{sp}^3\text{xs}$ ; $\text{C}-\text{C}$ 1 орбиталь $\text{sp}^3\text{xsp}^3$ ; $\text{C}-\text{Cl}$ 1 орбиталь $\text{sp}^3\text{xp}$ . 3. Изобразим перекрывание орбиталей: $\text{C}-\text{H}$ $\text{sp}^3\text{xs}$ ; $\text{C}-\text{C}$ $\text{sp}^3\text{xsp}^3$ ; $\text{C}-\text{Cl}$ $\text{sp}^3\text{xp}$ .		1 балл 1 балл          1 балл  Итого: 3 балла
8	<b>Определите наиболее основное соединение в ряду: этиламин, виниламин, фениламин.</b>	3 балла
Правильный ответ (ключ): 1. Запишем формулы соединений: а) $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{NH}_2$ ; б) $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{NH}_2$ ; в) $\text{C}_6\text{H}_5-\text{NH}_2$ . 2. Оцениваем величину электронной плотности на атоме азота: она наибольшая в этиламине, т.к. алкил проявляет +I-эффект. В соединениях б) и в) система сопряженная и электронная плотность на азоте понижена. 3. Наиболее основное соединение – этиламин.		1 балл          1 балл  Итого: 3 балла
9	<b>Какое соединение имеет наибольшую электронную плотность на ароматическом кольце: толуол, фенол, нитробензол?</b>	3 балла
Правильный ответ (ключ): 1. Запишем формулы соединений: $\text{H}_3\text{C}-\text{C}_6\text{H}_5$ ; $\text{HO}-\text{C}_6\text{H}_5$ ; $\text{O}_2\text{N}-\text{C}_6\text{H}_5$ . 2. Оцениваем влияние заместителей: $\text{H}_3\text{C}-\text{C}_6\text{H}_5$ (+I); $\text{HO}-\text{C}_6\text{H}_5$ (+M); $\text{O}_2\text{N}-\text{C}_6\text{H}_5$ (-M). 3. Наибольшая электронная плотность на кольце в феноле, т.к. OH-группа донорная.		1 балл          1 балл  1 балл  Итого: 3 балла
10	<b>Какая связь возникает при образовании четвертичных аммониевых соединений, и определите наиболее прочную связь в молекулах: тетраэтиламмоний бромистый; триметилвиниламмоний бромистый; триметиламмоний бромистый?</b>	3 балла
Правильный ответ (ключ): 1. Запишем формулы соединений: а) $[(\text{C}_2\text{H}_5)_4\text{N}]\text{Br}$ ; б) $[(\text{CH}_3)_3\text{CH}=\text{CH}_2\text{N}]\text{Br}$ ; в) $[(\text{CH}_3)_3\text{NH}]\text{Br}$ . 2. Четвертая связь при атоме азота – это ковалентная связь, а связь между катионом аммония и галоидом – семиполярная. 3. Наиболее прочная семиполярная связь в соединении а), т.к. на азоте (донор) наибольшая электронная плотность за счет +I-эффекта этильных групп.		1 балл          1 балл  1 балл  Итого: 3 балла





ПК-2. Способен оказывать информационную поддержку специалистам, осуществляющим научно-исследовательские работы.

(код, наименование компетенции)

Номер задания	Правильный ответ (ключ)	Содержание вопроса/задания	Критерии оценивания заданий
<b>Задания закрытого типа</b>			
1	<b>Правило Льюиса</b> — при образовании ковалентной связи вокруг каждого атома должна реализовываться восьмизлектронная (октетная) оболочка.	<b>Дайте определение правилу Льюиса.</b>	1 балл за правильный ответ
2	<b>В</b>	<b>Какой заместитель понижает плотность бензольного кольца?</b> А. Метил. Б. Гидроксил. В. Нитро-группа. Г. Галоид.	1 балл за правильный ответ
3	<b>Длина связи.</b>	<b>Какая характеристика химической связи обладает свойством аддитивности?</b>	1 балл за правильный ответ
4	<b>Б</b>	<b>При каких условиях при разрыве химических связей – С–Х, образуется карбокатион?</b> А. Если ЭО С > ЭО Х. Б. Если ЭО С < ЭО Х. В. Если ЭО С = ЭО Х. Г. При облучении.	1 балл за правильный ответ
5	<b>Семиполярная</b>	<b>Какая связь существует в молекуле гидробромида трифенилфосфония между катионом и анионом?</b>	
<b>Задания открытого типа</b>			
6	<b>Как изменится величина электронной плотности в молекуле бензола при введении нитро-группы?</b>		3 балла
Правильный ответ (ключ): 1. Запишем формулу: $O_2N-C_6H_5$ – нитробензол. 2. Оцениваем электронную природу заместителя: это акцептор по -М-эффекту.			1 балл 1 балл 1 балл

	3. Электронная плотность бензола стягивается на вакантную орбиталь азота в группе NO <sub>2</sub> . В связи с этим электронная плотность кольца понижается.	Итого: 3 балла
7	<b>При растворении фенола в диоксане возникает прочная водородная связь между фенолом и диоксаном. Почему?</b>	3 балла
	Правильный ответ (ключ): 1. Запишем формулы: OH–C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> , C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub> . 2. В феноле есть подвижный водород в OH-группе. 3. В молекуле диоксана максимальная электронная плотность на кислороде.	1 балл 1 балл 1 балл Итого: 3 балла
8	<b>Расположите кислоты в порядке возрастания K<sub>a</sub>: а) бензойная; б) п-нитробензойная; в) м-аминобензойная.</b>	3 балла
	Правильный ответ (ключ): 1. Запишем формулы соединений: а) C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> –COOH; б) п-O <sub>2</sub> N–C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> –COOH; в) м-H <sub>2</sub> N–C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> –COOH. 2. Оцениваем тип заместителя: NO <sub>2</sub> имеет -M-эффект; NH <sub>2</sub> имеет +M-эффект. 3. Кислотность возрастает при введении акцепторных заместителей: в) < а) < б).	1 балл 1 балл 1 балл Итого: 3 балла
9	<b>Какие заместители необходимо ввести в молекулу бензола, чтобы повысить скорость электрофильного бромирования: NO<sub>2</sub>; Br; OH?</b>	3 балла
	Правильный ответ (ключ): 1. Запишем реакцию: X→C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> + Br → C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> –Br. 2. Сравниваем заместители по эффектам: NO <sub>2</sub> (-M-эффект); Br (+M-эффект); OH (+M-эффект). 3. Донорные заместители повышают общую электронную плотность кольца и повышают скорость электрофильного замещения.	1 балл 1 балл 1 балл Итого: 3 балла
10	<b>Какая OH-кислота является более сильной: вода, метанол или 2-хлорэтанол?</b>	3 балла
	Правильный ответ (ключ): 1. Запишем формулы: H <sub>2</sub> O; CH <sub>3</sub> OH; ClCH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> OH. 2. Донорные заместители понижают силу кислоты, акцепторные – повышают. 3. Более сильная OH-кислота – 2-хлорэтанол, т.к. заместитель ClCH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> – проявляет -I-эффект.	1 балл 1 балл 1 балл Итого: 3 балла

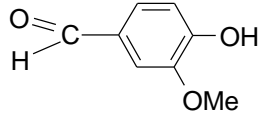
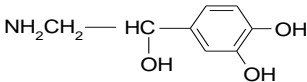
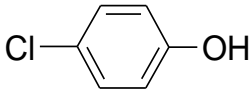
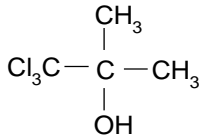
## Материалы для проведения текущей аттестации

### Вопросы для самопроверки и повторения

#### Тема 1. Введение

1. Учитывая форму и пространственную направленность орбиталей атомов в молекуле, изобразите схему электронного строения  $\sigma$ - и  $\pi$ -связей в бутадиене -1,3.
2. Учитывая форму и пространственную направленность орбиталей атомов углерода и кислорода, изобразите графически электронное строение фурана. Сколько электронов образуют сопряженную  $\pi$ -систему?
3. Учитывая форму и пространственную направленность орбиталей атомов углерода, графически изобразите схему электронного строения  $\sigma$ - и  $\pi$ -связей в бутадиене -1,2.
4. Учитывая форму и пространственную направленность орбиталей атомов углерода и серы, графически изобразите электронное строение тиофена. Сколько и какие электроны образуют сопряженную  $\pi$ -систему.
5. Учитывая форму и пространственную направленность орбиталей атомов углерода, графически изобразите схему электронного строения  $\sigma$ - и  $\pi$ -связей в антраcene. Чему равно  $n$  и сколько электронов образуют сопряженную  $\pi$ -систему?
6. Учитывая форму и пространственную направленность орбиталей атомов углерода и азота, графически изобразите схему электронного строения пиримидина.
7. Учитывая форму и пространственную направленность орбиталей атома углерода, изобразите схему электронного строения  $\sigma$ - и  $\pi$ -связей в фенантрене. Чему равно  $n$  и сколько электронов образуют сопряженную  $\pi$ -систему?
8. Учитывая форму и пространственную направленность орбиталей атомов углерода и азота, графически изобразите схему электронного строения имидазола.

## Тема 2. Распределение электронной плотности в органических молекулах

2. Электронодонорное или электроноакцепторное влияние оказывают на электронную плотность бензольного кольца каждая из функциональных групп в молекуле:
- 
3. Какое соединение является более сильным основанием: 2,4,6-тринитроанилин или 2,4,6-тринитро-N,N-диметиланилин.
4. Изобразите строение предложенных ниже соединений в виде набора резонансных структур. Покажите при помощи стрелок, как можно преобразовать одни предельные структуры в другие:  $m\text{-NO}_2\text{C}_6\text{H}_4\text{F}$ ;  $n\text{-COCH}_3\text{C}_6\text{H}_4\text{F}$ .
5. Какое влияние - электронодонорное или электроноакцепторное - оказывают функциональные группы в молекуле норадреналина:
- 
6. Определите, какое из соединений в каждой паре имеет больший дипольный момент. В какой паре соединений I-II или III-IV больше разность дипольных моментов?
7. а) Анилин (I) – 2,4,6-триметиланилин (II);
8. б) N,N-Диметиланилин (III) – 2,4,6-триметил-N,N-диметиланилин (IV).
9. Изобразите строение предложенных ниже соединений в виде набора резонансных структур. Покажите при помощи кривых стрелок, как можно преобразовать одни предельные структуры в другие:  $n\text{-CONH}_2\text{C}_6\text{H}_4\text{F}$ ;  $m\text{-FC}_6\text{H}_4\text{F}$ .
10. Какие электронные эффекты проявляют одинаковые функциональные группы в соединениях:
- 
- 

11. Расположите в ряд в порядке уменьшения полярности связи C=O следующие соединения: трифторацетон, хлорацетон, гексафторацетон, ацетон.
12. Изобразите строение предложенных ниже соединений в виде набора резонансных структур. Покажите при помощи кривых стрелок, как можно преобразить одни предельные структуры в другие: *n*-NH<sub>2</sub>C<sub>6</sub>H<sub>4</sub>F; *m*-HC≡C-C<sub>6</sub>H<sub>4</sub>F.
13. Электронодонорное или электроноакцепторное характер проявляют аминогруппа и карбоксильная группа в соединениях: NH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>COOH и NH<sub>2</sub>C<sub>6</sub>H<sub>4</sub>COOH.
14. Расположите в порядке возрастания констант диссоциации следующие кислоты: цианоуксусную, β-цианопропионовую, α-цианопропионовую. Будут ли эти кислоты сильнее уксусной.
15. Изобразите строение предложенных ниже соединений в виде набора резонансных структур. Покажите при помощи кривых стрелок, как можно преобразить одни предельные структуры в другие: *n*-NO<sub>2</sub>C<sub>6</sub>H<sub>4</sub>F; *m*-H<sub>2</sub>C=C-C<sub>6</sub>H<sub>4</sub>F.
16. Определите виды гибридизации атомов углерода в молекуле пентен-3-ина-1 и расположите атомы в ряд по уменьшению электротрицательности.

### Тема 3. Общие данные о протекании органических реакций

1. Учитывая форму и пространственную направленность орбиталей атома углерода, графически изобразите схему электронного строения σ- и π-связей в молекуле пропена.
2. Определите вид сопряжения в молекуле простейшего непредельного альдегида –пропеналя – акролеина - и схематически изобразите перекрывание *p*-орбиталей в сопряженной системе.

3. Многие природные соединения, используемые в фармации, являются производными фенантрена. Определите, является ли фенантрен ароматическим соединением.
4. Изобразить схематически перекрывание  $p$ -орбиталей сопряженной системы в молекуле кротоновой ((E)-бутен-2-вой) кислоты, содержащейся в кротоновом масле).
5. Покажите графически, как распределена электронная плотность в молекуле кротоновой ((E)-бутен-2-вой) кислоты. Укажите виды сопряжения и сравните электроотрицательность атомов в сопряженном фрагменте.

### **Примерные варианты контрольных работ**

#### Контрольная работа № 1 *Классификация, номенклатура и структурная изомерия*

##### **Билет № ...**

1. Приведите все структурные изомеры ациклических соединений состава  $C_3H_8O$  и назовите их по заместительной номенклатуре и радикало-функциональной номенклатуре. К каким классам относятся эти соединения? Отметьте в них первичные, вторичные и третичные атомы углерода.
2. Приведите структурную формулу 2-амино-3-{4-[бис(2-хлорэтил)амино] фенил} пропановая кислота.

#### Контрольная работа № 2 *Пространственное строение и стереоизомерия*

##### **Билет № ...**

1. Учитывая форму и пространственную направленность орбиталей атомов в молекуле, изобразите схему электронного строения  $\sigma$ - и  $\pi$ -связей в бутадиене -1,3.
2. Учитывая форму и пространственную направленность орбиталей атомов углерода и кислорода, изобразите графически электронное

строение фурана. Сколько электронов образуют сопряженную  $\pi$ -систему?

Контрольная работа № 3 *Взаимное влияние атомов в молекуле*

**Билет № ...**

1. Электронодонорное (ЭД) или электроноакцепторное (ЭА) влияние оказывают на электронную плотность бензольного кольца каждая из функциональных групп в молекуле 3-метилокси- 4-гидроксибензойной кислоты?
2. С помощью набора резонансных структур изобразите влияние заместителей в следующих соединениях: *n*-хлорбензальдегид, акрилонитрил, салицилловая кислота.

Контрольная работа № 4 *Кислотность и основность органических соединений*

**Билет № ...**

1. При нагревании смеси диэтилового эфира и диэтилсульфида с бромоводородной кислотой расщеплению подвергается более основное соединение. Определите его.
2. Расположите в порядке уменьшения кислотных свойств, следующие кислоты: 1) гликолевую, 2) уксусную, 3) молочную, 4) масляную, 5)  $\beta$ -оксипропионовую.
3. Расположите приведенные ниже соединения в порядке уменьшения основных свойств: 1) анилин, 2) ацетанилид, 3) бензиламин, 4) *n*-аминофенол.

**2. Материалы для проведения промежуточной аттестации**

<b>Результат (индикатор)</b>	<b>Типовые контрольные задания для оценки знаний, умений, навыков</b>	<b>Показатели и критерии оценивания компетенции, шкала</b>
----------------------------------	---	--

		<b>оценивания</b>
<b>ПК-1.1</b>	<p>1. Какие факторы сказываются на силе <i>n</i>-этилбензойной кислоты по сравнению с бензойной.</p> <p>2. Какое соединение является более сильным основанием: 2,4,6-тринитроанилин или 2,4,6-тринитро-N,N-диметиланилин.</p>	<p>Ответ правильный с объяснением и примерами – 3 балла (отлично)</p> <p>Ответ верный без примеров – 2 балла (хорошо)</p> <p>Ответ верный без объяснений – 1 балл (удовлетворительно)</p>
<b>ПК-1.2</b>	<p>1. Расположите в ряд в порядке уменьшения полярности связи C=O следующие соединения: трифторацетон, хлорацетон, гексафторацетон, ацетон.</p> <p>Определите виды гибридизации атомов углерода в молекуле пентен-3-ина-1 и расположите атомы в ряд по уменьшению электротрицательности.</p>	<p>Ответ правильный с объяснением и примерами – 3 балла (отлично)</p> <p>Ответ верный без примеров – 2 балла (хорошо)</p> <p>Ответ верный без объяснений – 1 балл (удовлетворительно)</p>
<b>ПК-1.3</b>	<p>1. Расположите в порядке возрастания констант диссоциации следующие кислоты: цианоуксусную, <math>\beta</math>-цианопропионовую, <math>\alpha</math>-цианопропионовую. Будут ли эти кислоты сильнее уксусной.</p> <p>2. Подобрать посуду для синтеза тетрафенилфосфат бромида</p>	<p>Ответ правильный с объяснением и примерами – 3 балла (отлично)</p> <p>Ответ верный без примеров – 2 балла (хорошо)</p> <p>Ответ верный без объяснений – 1 балл (удовлетворительно)</p>
<b>ПК-2.1</b>	<p>1. Какие факторы сказываются на силе <i>n</i>-этилбензойной кислоты по сравнению с бензойной.</p> <p>2. Какое соединение является более сильным основанием: 2,4,6-тринитроанилин или</p>	<p>Ответ правильный с объяснением и примерами – 3 балла (отлично)</p> <p>Ответ верный без примеров – 2 балла</p>



	2,4,6-тринитро-N,N-диметиланилин.	(хорошо) Ответ верный без объяснений – 1 балл (удовлетворительно)
<b>ПК-2.2</b>	1. Основные хромоф-ры в УФ-спектроскопии. 2. Расположите в порядке уменьшения кислотных свойств следующие кислоты: гликолевую, уксусную, молочную, цианоуксусную.	Ответ правильный с объяснением и примерами – 3 балла (отлично) Ответ верный без примеров – 2 балла (хорошо) Ответ верный без объяснений – 1 балл (удовлетворительно)

## РУБЕЖНЫЙ КОНТРОЛЬ

### 1 модуль:

Сравнительная характеристика различных видов молекулярной спектроскопии. Общие сведения о спектрах. Инфракрасная спектроскопия. Новые возможности в исследовании органических соединений: фотоэлектронная и рентгеноэлектронная спектроскопии. Спектроскопия ядерного магнитного резонанса. Основы метода ЯМР. Химический сдвиг и его измерение. Использование химических сдвигов в структурном анализе. Спин-спиновое взаимодействие.

Решение задач – 10 баллов

Контрольная работа – 10 баллов

Тестовый контроль – 10 баллов

*I контрольная точка – 30 баллов.*

### 2 модуль

Электронные спектры органических молекул. Классификация электронных переходов. Термины и обозначения в электронной спектроскопии. Эмпирические правила. Электронный парамагнитный резонанс. Рефрактометрические методы. Комплексная оценка структуры молекул по спектральным данным. Масс-спектроскопия. Молекулярная масса и определение молекулярной формулы. Масс-спектрометрический распад. Происхождение и интерпретация масс-спектров.

Тестовый контроль – 10 баллов

Работа со спектрами – 10 баллов

Индивидуальные задания – 10 баллов

*II контрольная точка – 30 баллов.*

Экзамен – 40 баллов

**Всего:** 100 баллов

## **V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

### 1) Литература

#### **а) Основная литература:**

1. Ким А.М. Органическая химия [Электронный ресурс] : учебное пособие для вузов / А.М. Ким. — Электрон. текстовые данные. — Новосибирск: Сибирское университетское издательство, 2017. — 844 с. — 978-5-379-02004-0. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/65281.html>

#### **б) Дополнительная литература:**

1. Орлова А.М. Органическая химия [Электронный ресурс] : учебное пособие / А. М. Орлова; А.М. Орлова. - Москва : Московский государственный строительный университет, Ай Пи Эр Медиа, ЭБС АСВ, 2016. - 230 с. – Электронный ресурс. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/48034.html>

### 2) Программное обеспечение

а) Лицензионное программное обеспечение

б) Свободно распространяемое программное обеспечение

### 3) Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

### 4) Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Ин-тернет», необходимых для освоения дисциплины

1. <http://www.xumuk.ru/>

2. <http://nehudlit.ru/books/subcat283.html>

3. [http://www.krugosvet.ru/enc/nauka\\_i\\_tehnika/himiya/BIOHIMIYA.html](http://www.krugosvet.ru/enc/nauka_i_tehnika/himiya/BIOHIMIYA.html)

4. <http://elibrary.ru/>

5. <http://www.medbook.net.ru/23.shtml>

6. <http://www.chem.msu.su/rus/teaching/kolman/index.htm>

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

### **Примерный перечень тем курсовых работ**

1. Деструктурные теории органической химии

2. Теория химического строения А.М. Бутлерова

3. Типы химических связей

4. Характерные свойства ковалентной связи

5. Ароматические связи

6. Соединения без химической связи

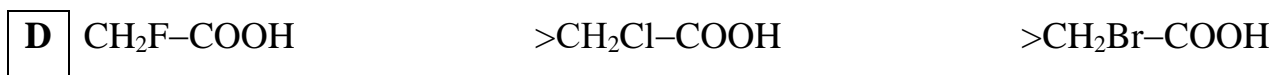
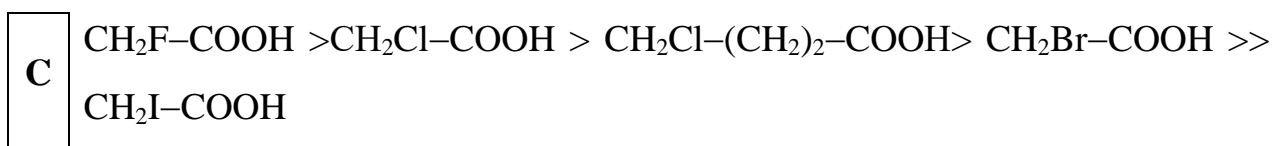
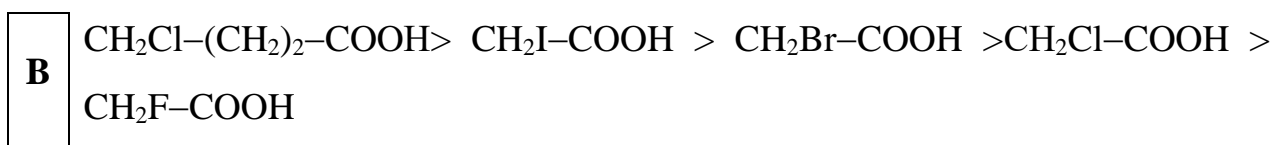
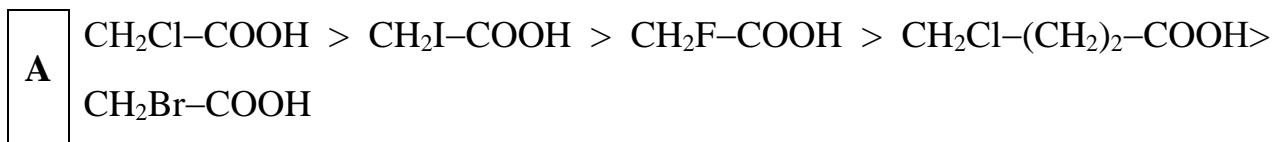
7. Развитие представлений о взаимном влиянии атомов

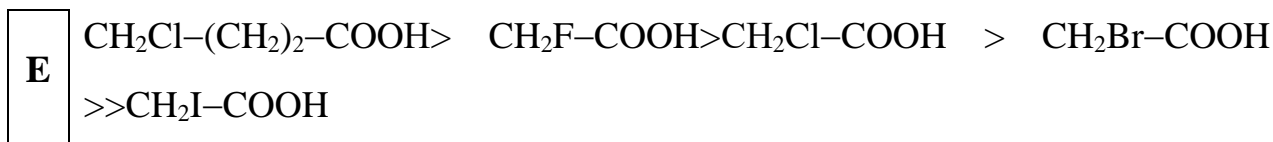
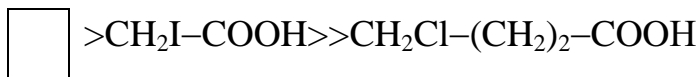
8. Сопряженные связи
9. Стереохимия органических соединений
- 10.Ион-дипольные и диполь-дипольные взаимодействия
- 11.Свойства ковалентных связей
- 12.Учение о химической связи (в развитии)
- 13.Симметрия и химическая связь
- 14.Свойства сопряженных ароматических связей
- 15.Резонанс в органической химии
- 16.Семиполярная связь. Особенности молекул
- 17.Полярность. Поляризуемость молекул
- 18.Способы образования химической связи

### Экзаменационные тестовые задания

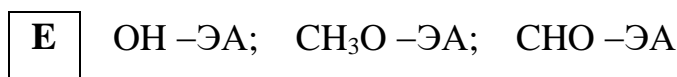
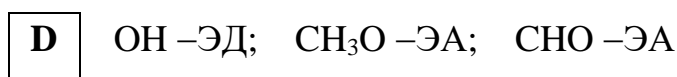
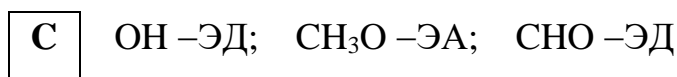
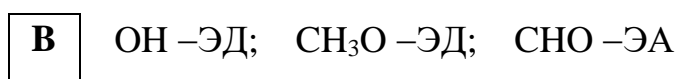
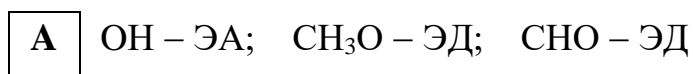
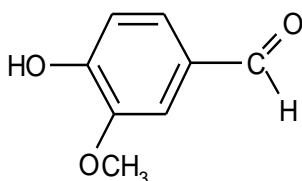
Инструкция к вопросам 1-5: За вопросом или незаконченным утверждением следует пять или более ответов. Выберите один наиболее правильный ответ.

1. Расположите следующие кислоты – бромуксусная, йодуксусная, хлоруксусная, фтруксусная и  $\gamma$ -хлормасляная - в порядке убывания значений индуктивного эффекта:

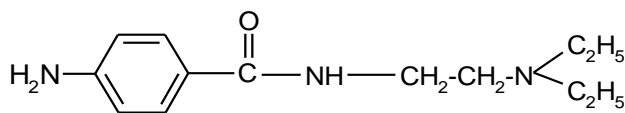




2. Электронодонорное (ЭД) или электроноакцепторное (ЭА) влияние оказывают на электронную плотность бензольного кольца каждая из функциональных групп в молекуле ванилина (3-метилокси-4-гидроксибензальдегид)?

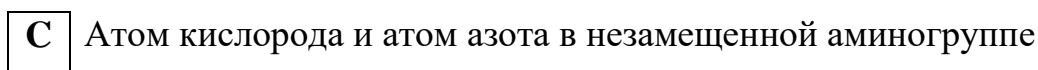
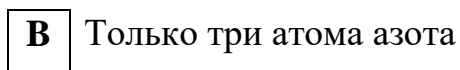
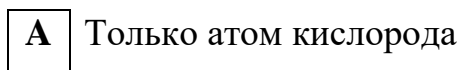


3. 2-(Диэтиламино)этиламинд-аминобензойной кислоты применяется в медицинской практике в виде гидрохлорида под названием



новокаиномид.

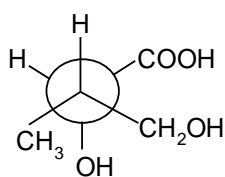
Определите место протонирования в исходной молекуле.



**D** Атом кислорода, атом азота в незамещенной аминогруппе и атом азота в монозамещенной аминогруппе

**E** Атом кислорода, атом азота в незамещенной аминогруппе, атом азота в монозамещенной аминогруппе и атом азота в дизамещенной аминогруппе

4. Назовите изображенное в виде проекционной формулы Ньюмена следующее соединение по заместительной номенклатуре IUPAC



**A** 1-карбокси-2-метилпропандиол-1,3

**B** 3-метилбутандиол-2,4-овая кислота

**C** 2,4-дигидрокси-3-метилбутановая кислота

**D** 1-карбокси-1,3-дигидрокси-2-метилпропан

**E** 3-метил-2,4-дигидроксибутановая кислота

5. Какое количество изомеров существует для ациклических соединений состава  $C_4H_{10}O$ .

**A** 4

**B** 5

**C** 6

**D** 7

**E** 8

Инструкция к вопросам 6-10: Вставьте пропущенное слово.

6. Способность атомов в молекуле притягивать валентные \_\_\_\_\_, связывающие его с другими атомами, называют \_\_\_\_\_.

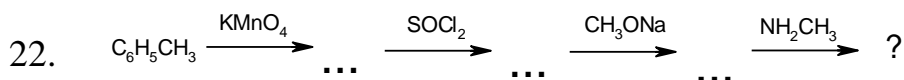
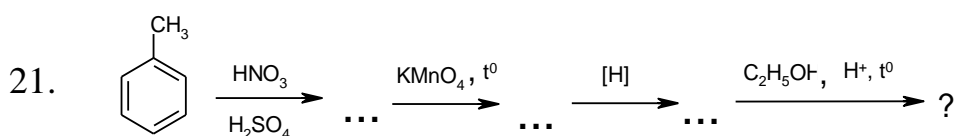
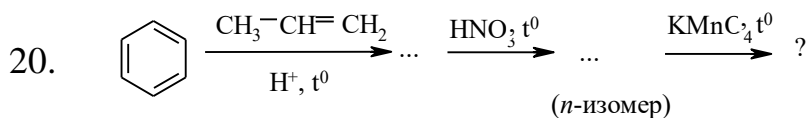
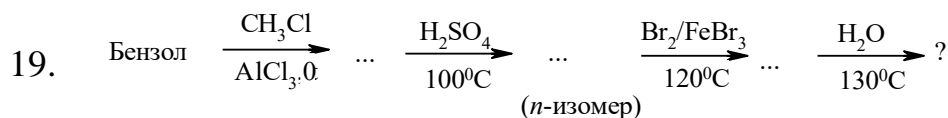
7. Ковалентная связь это химическая связь, образованная за счет \_\_\_\_\_ электронов \_\_\_\_\_ связываемых \_\_\_\_\_.
8. Ковалентная связь, образующаяся за счет \_\_\_\_\_ пары одного атома и вакантной орбитали другого, называется \_\_\_\_\_.
9.  $\sigma$ -Связь – это связь, образованная при осевом перекрывании атомных орбиталей с расположением максимума \_\_\_\_\_ на прямой, соединяющей \_\_\_\_\_ связываемых атомов.
10. Часть пространства, в котором вероятность нахождения электрона \_\_\_\_\_, называется \_\_\_\_\_ орбиталью.

Инструкция к вопросам 11-22: За перечнем пронумерованных цифрами вопросов (формул, рисунков и т.п.) следует список ответов, обозначенных буквами. Для каждого вопроса (формулы, рисунка и т.п.) надо подобрать соответствующий ответ, обозначенный буквенным индексом. Каждый ответ может быть использован один раз, несколько раз или не использован совсем.

Укажите, какие типы связи имеются в следующих соединениях:

11.  $\text{CH}_3\text{-CH}_3$   **A** Ковалентная неполярная
12.  $\text{C}_2\text{H}_5\text{I}$   **B** Ковалентная полярная
13.  $\text{NH}_4\text{Cl}$   **C** Семиполярная
14.  $[(\text{CH}_3)_3\text{N}]\text{Br}$   **D** Ионная
15.  $\text{CH}_3\text{NO}_2$   **E** Донорно-акцепторная
16.  $\text{CH}_3\text{OH}$
17.  $\text{HNO}_3$
18.  $\text{N}_2\text{O}_4$

Какие продукты образуются в результате представленных последовательных реакций?



<b>A</b>	4-Гидроксibenзолсульфокислота
<b>B</b>	N-Метиламид бензойной кислоты
<b>C</b>	3-Гидрокси- <i>n</i> -толуолсульфокислота
<b>D</b>	Этиловый эфир <i>n</i> -аминобензойной кислоты
<b>E</b>	<i>n</i> -Нитробензойная кислота

### Методические рекомендации по организации самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа является необходимой и важной частью учебной деятельности студента по изучаемой дисциплине и включает:

- поиск и систематизация литературных данных по изучаемой теме (конспект, реферат, базы данных научно-образовательных порталов);
- изучение теоретического материала по учебнику при подготовке к контрольным и практическим работам (конспекты);

- решение задач и упражнений по изучаемым разделам (письменный отчет).

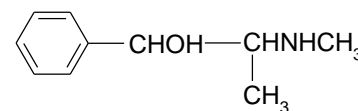
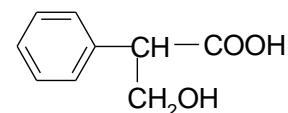
Особое внимание следует уделять овладению основными теоретическими понятиями, законами, методами, правилами и т.д. Для этого необходимо работать систематически, не пропускать лекционные и практические занятия, тщательно прорабатывать теоретический материал по учебнику, не оставлять невыясненными трудные вопросы, работать над ошибками.

Ниже представлены задания и вопросы для контроля самостоятельной работы студентов для более детального и глубокого освоения материала по данной учебной дисциплине.

### Задания для самостоятельной работы

#### Классификация, номенклатура и структурная изомерия

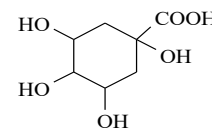
1. Приведите все структурные изомеры циклических соединений состава  $C_6H_{12}$  и назовите их по заместительной и радикально-функциональной номенклатурам. К каким классам относятся эти соединения? Отметьте в них первичные, вторичные и третичные атомы углерода.
2. Приведите все структурные изомеры ациклических соединений состава  $C_4H_{10}O$  и назовите их по заместительной и радикально-функциональной номенклатурам. К каким классам относятся эти соединения? Отметьте в них первичные, вторичные и третичные атомы углерода.
3. В алкалоиде атропине в виде сложного эфира содержится троповая кислота. Выделите в ее молекуле родоначальную структуру и назовите троповую кислоту по заместительной номенклатуре. Какие функциональные группы содержатся в ее молекуле?





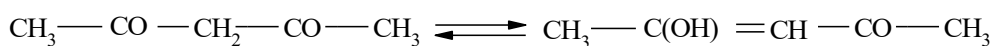
4. В молекуле алкалоида эфедрина выделите родоначальную структуру, функциональные группы и назовите это соединение по заместительной номенклатуре.

5. В состав коры входит хинная кислота. Выделите в ее молекуле родоначальную структуру и функциональные группы. Назовите хинную кислоту по заместительной номенклатуре.



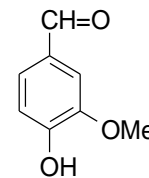
6. Назовите цитраль  $(\text{CH}_3)_2\text{C}=\text{CHCH}_2\text{CH}_2\text{C}(\text{CH}_3)=\text{CH}-\text{CH}=\text{O}$  по заместительной номенклатуре. К какому классу относится это соединение?

7. Ацетилацетон представляет собой равновесную смесь двух таутомерных форм:



Выделите в них функциональные группы и назовите каждую форму по заместительной номенклатуре.

8. В молекуле ванилина выделите функциональные группы и назовите это соединение по заместительной номенклатуре. Приведите структуры 3-4 ароматических альдегидов изомерных ванилину.



9. Систематическое название лекарственного средства терпина – 4-(1-гидрокси-1-метилэтил)-1-метилциклогексанол. Приведите его структуру и отметьте в ней первичный, вторичный и третичный атомы углерода. К какому классу относится терпин?

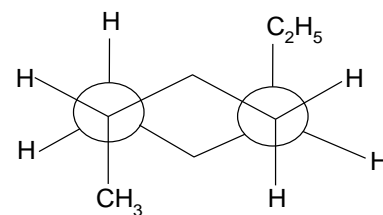
10. Основу сульфамидных препаратов составляет сульфаниловая кислота. Назовите ее по заместительной номенклатуре. Приведите структуры еще трех ароматических соединений этого же состава  $\text{C}_6\text{H}_7\text{NO}_3\text{S}$ .

#### Пространственное строение и стереоизомерия

11. Сколько плоскостей симметрии имеет молекула каждого из следующих соединений: этанола, хлороформа, бромхлорметана, этилена, пропена, *цис*-бутена-2?

12. Изобразите с помощью формул Ньюмена конформации бутанола-1, возникающие при вращении связи C-1-C-2. Укажите вырожденные конформации.

13. Назовите по заместительной номенклатуре соединение (1), изображенное в виде формулы Ньюмена. Имеет ли молекула этого соединения плоскость симметрии?

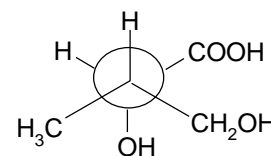


(1)

Существует ли более выгодная по сравнению с приведенной конформация этого соединения?

14. Приведите наиболее выгодные конформации *цис*- и *транс*-1-изопропил-3-метилциклогексана и изобразите их с помощью формул Ньюмена.

15. Приведите структуры изомерных кислот  $\text{CH}_3\text{CH}=\text{C}(\text{CH}_3)\text{COOH}$  и дайте им систематические названия с учетом пространственного строения. Различаются ли эти стереоизомеры по физическим свойствам?



(2)

16. Назовите изображенное в виде формулы Ньюмена соединение (2) по заместительной номенклатуре.

Хиральна ли его молекула?

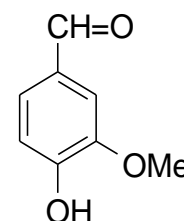
17. Можно ли только с помощью метода поляриметрии идентифицировать изомеры в следующих парах (R)- и (S)-глицериновые альдегиды; (R)- и (S)-молочные кислоты; (S)-аланин и  $\beta$ -аланин; (+) и (-)-валины; (R)- и (S)-бута-нолы-2?

#### Взаимное влияние атомов в молекуле

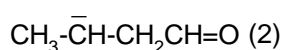
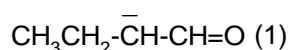
18. Учитывая форму и пространственную направленность орбиталей атома углерода, графически изобразите схему электронного строения  $\sigma$ - и  $\pi$ -связей в молекуле пропена.

19. Определите вид сопряжения в молекуле простейшего непредельного альдегида –пропеналя – акролеина - и схематически изобразите перекрывание *p*-орбиталей в сопряженной системе.

20. Многие природные соединения, используемые в фармации, являются производными фенантрена. Определите, является ли фенантрен ароматическим соединением.
21. Изобразить схематически перекрывание *p*-орбиталей сопряженной системы в молекуле кротоновой ((E)-бутен-2-вой) кислоты, содержащейся в кротоновом масле).
22. Покажите графически, как распределена электронная плотность в молекуле кротоновой ((E)-бутен-2-вой) кислоты. Укажите виды сопряжения и сравните электроотрицательность атомов в сопряженном фрагменте.
23. Укажите вид и знак электронных эффектов алкильных групп в следующих ионах:  $(C_2H_5)_2NH_2^+$ ,  $C_2H_5O^-$ ,  $(CH_3)_2O^+H$ ,  $CH_3O^+H_2$ ,  $CH_3CH_2CH_2^-$ ,  $CH_3CH_2CH_2^+$ .
24. Как различаются по электронной плотности бензольные кольца в молекулах тирозина [2-амино-3-(*n*-гидроксифенил)пропановой кислоты] и фенилаланина (2-амино-3-фенилпропановой кислоты)?
25. Проявляют ли одинаковые функциональные группы одни и те же электронные эффекты в молекулах 2-аминоэтансульфоновой кислоты (таурина) и *n*-аминобензолсульфоновой (сульфаниловой) кислоты?
26. Расположите в ряд по увеличению электронной плотности в бензольном кольце следующие соединения: фенол, 4-гидрокси-3-нитробензолсульфоновая кислота, бензол.
27. Какой из диеновых фрагментов в молекулах – пентадиена-1,3 или сорбиновой кислоты  $CH_3-CH=CH-CH=CH-COOH$  – имеет большую электронную плотность?
28. Электронодонорное или электроноакцепторное влияние оказывают на электронную плотность бензольного кольца каждая из функциональных групп в молекуле ванилина?



29. В каком из двух карбанионов (1) или (2) более



эффективно делокализуется отрицательный заряд под влиянием заместителей, связанных с анионным центром?

30. Изобразите строение предложенных ниже соединений в виде набора резонансных структур. Покажите при помощи кривых стрелок, как можно преобразить одни предельные структуры в другие:  $n\text{-NO}_2\text{C}_6\text{H}_4\text{F}$ ;  $m\text{-H}_2\text{C}=\text{C}-\text{C}_6\text{H}_4\text{F}$ .

31. Определите виды гибридизации атомов углерода в молекуле пентен-3-ина-1 и расположите атомы в ряд по уменьшению электротрицательности.

## **VII. Материально-техническое обеспечение**

Столы, стулья, доска ученическая  
Весы лабораторные ВЛ-120 с гирей калибровочной 100гЕ2

Весы лабораторные ВЛТЭ-1100г с гирей калибровочной 1кг F1

Доска классная большая

Лаборатория подготовительная

Горелка (M082-06990)

Спиртовка СЛ с металлической оправой

Сушилка для пипеток

Шкаф вытяжной

Шкаф сушильный

### **VIII. Сведения об обновлении рабочей программы дисциплины**

№п.п.	Обновленный раздел рабочей программы дисциплины	Описание внесенных изменений	Реквизиты документа, утвердившего изменения
1.	Раздел I Аннотация.	Измены часы лекций и практических занятий согласно учебному плану на 2021-2022 уч. год	Протокол №11 от 28.04.21г. заседания ученого совета химико-технологического факультета
2.	Раздел V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	Дополнен список основной и дополнительной литературы	Протокол №11 от 28.04.21г. заседания ученого совета химико-технологического факультета
3.	Раздел IV Оценочные материалы для проведения текущей и промежуточной аттестации	Разработаны фонды оценочных средств по каждой компетенции	Протокол №1 от 31.08.22г. заседания ученого совета химико-технологического факультета