

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Смирнов Сергей Николаевич  
Должность: врио ректора  
Дата подписания: 28.09.2023 14:38:52  
Уникальный программный ключ:  
69e375c64f7e975d4e8830e7b4fcc2ad1bf35f08

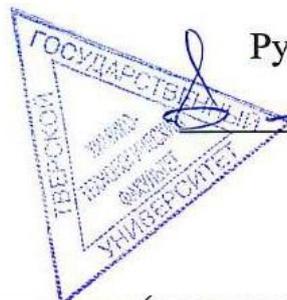
Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет»

Утверждаю:

Руководитель ООП

Феофанова М.А.

27 июня 2023 г



Рабочая программа дисциплины (с аннотацией)

## Введение в электронную теорию органических реакций

Специальность

04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия

Направленность (профиль)

Химия функциональных материалов

Для студентов 5 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 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 «Введение в электронную теорию органических реакций» входит в Элективные дисциплины 9 Части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1. «Дисциплины» учебного плана.

Курс опирается на такие ранее изученные дисциплины, 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: 6 зачетных единиц, 216 академических часа, в том числе:**

**контактная аудиторная работа:** лекции 13 часов, лабораторные работы 26 часов;

**контактная внеаудиторная работа:** контроль самостоятельной работы 90 часов;

**самостоятельная работа:** 60 часов, контроль 27 часов.

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

<b>Планируемые результаты</b>	<b>Планируемые результаты обучения</b>
-------------------------------	--

освоения образовательной программы (формируемые компетенции)	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 9-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.)			Самостоятел ьная работа, в том числе Контроль (час.)
		Лекции	Лабораторные работы ( <i>оставить нужное</i> )	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.	19	1	0	10	8

<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.	47	2	6	20	19
<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.	48	2	6	20	20
<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.	50	4	6	20	20
<b>Тема 5.Радикальные реакции</b> Получение и обнаружение свободных радикалов. Теория свободных радикалов. Типы реакций. Радикальное замещение. Радикальные реакции присоединения. Радикальная цепная полимеризация.	50	4	6	20	20
<b>ИТОГО</b>	<b>216</b>	<b>13</b>	<b>26</b>	<b>90</b>	<b>87</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	В	<p><b>Какие орбитали перекрываются при образовании С-Н-связей в молекуле этана?</b></p> <p>А. s x s.  Б. sp<sup>2</sup> x p.  В. sp<sup>3</sup> x s.  Г. p x p.</p>	1 балл за правильный ответ
2	<p><b>Основное состояние атома</b> — состояние частицы, характеризующееся низкой энергией.</p>	<p><b>Что такое основное состояние атома?</b></p>	1 балл за правильный ответ
3	А	<p><b>Какая молекулярная орбиталь (МО) в молекуле СН<sub>3</sub>-СН<sub>2</sub>=СН<sub>2</sub>Сl обладает минимальной энергией?</b></p> <p>А. C<sub>sp<sup>3</sup></sub>-H (МО).  Б. C-Cl (МО).  В. C<sub>sp<sup>2</sup></sub>-C<sub>sp<sup>2</sup></sub> (МО).  Г. C<sub>sp<sup>3</sup></sub>-C<sub>sp<sup>2</sup></sub> (МО).</p>	1 балл за правильный ответ
4	<p><b>Электроотрицательность</b> — «средство к электрону».</p>	<p><b>Что такое электроотрицательность?</b></p>	1 балл за правильный ответ
5	Г	<p><b>Какая водородная связь наиболее прочная в системе вода-метанол-этанол?</b></p> <p>А. H<sub>2</sub>O-H<sub>2</sub>O.  Б. CH<sub>3</sub>OH-CH<sub>3</sub>OH.  В. C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH-C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH.  Г. C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH-H<sub>2</sub>O.</p>	1 балл за правильный ответ
<b>Задания открытого типа</b>			
6	<p><b>Какие заместители необходимо ввести в молекулу пропионовой кислоты, чтобы повысить кислотность?</b></p>		3 балла
<p>Правильный ответ (ключ):</p> <p>1. Записываем формулы кислоты:  СН<sub>3</sub>-СН<sub>2</sub>-СООН.</p> <p>2. Определяем заместители, проявляющие -I-эффект: Br; NO<sub>2</sub>.</p> <p>3. Введение Br или NO<sub>2</sub> в СН<sub>3</sub>-группу повысит силу кислоты, так как связь О-Н будет менее прочная и увеличится диссоциация.</p>			<p>1 балл</p> <p>1 балл</p> <p>1 балл</p> <p>Итого: 3 балла</p>
7	<p><b>Расположите соединения по уменьшению по уменьшению кислотности: С<sub>2</sub>Н<sub>5</sub>ОН; С<sub>6</sub>Н<sub>5</sub>ОН; NO<sub>2</sub>С<sub>6</sub>Н<sub>4</sub>ОН?</b></p>		3 балла
<p>Правильный ответ (ключ):</p> <p>1. Оцениваем природу заместителей:  С<sub>2</sub>Н<sub>5</sub>(+I);</p>			1 балл

	$C_6H_5$ , $NO-C_6H_4$ (-I). 2. Кислотность определяется прочностью связи O–H. 3. Располагаем в ряд по уменьшению кислотности: $NO_2C_6H_4OH$ ; $C_6H_5OH$ ; $C_2H_5OH$ .	1 балл 1 балл  Итого: 3 балла
8	<b>Какое соединение имеет более высокую температуру кипения виниламин или бутиламин?</b>	3 балла
	Правильный ответ (ключ): 1. Записываем формулы соединений: а) $CH_2=CH-NH_2$ ; б) $CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-NH_2$ . 2. Определяем тип связи: а) сопряженная; б) $\sigma$ -связь. 3. Оцениваем влияние заместителей. <b>Ответ:</b> $CH_2=CH-NH_2$ .	1 балл 1 балл 1 балл  Итого: 3 балла
9	<b>Какие заместители в этаноле повысят прочность водородной связи с диметилловым эфиром?</b>	3 балла
	Правильный ответ (ключ): 1. Записываем формулы соединений: $C_2H_5OH$ ; $CH_3-O-CH_3$ . 2. Оцениваем заместители: $NO_2$ , Br, проявляющие -I-эффект. 3. Заместители с -I-эффектом понижают прочность O–H-связи и повышают прочность водородной связи.	1 балл 1 балл 1 балл  Итого: 3 балла
10	<b>Оцените основность соединений и расположите их в порядке повышения основности: а) <math>(CH_3)_3N</math>; б) <math>C_6H_5NH_2</math>; в) <math>C_6H_5CONH_2</math>.</b>	3 балла
	Правильный ответ (ключ): 1. Оцениваем величину электронной плотности на азоте: $a > б > в$ . 2. Оцениваем заместители по эффектам: $(CH_3)_3$ (+I); $C_6H_5$ (-M); $C_6H_5CO$ (-M). 3. Располагаем в порядке повышения основности: $в < б < а$ .	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>Кислота Льюиса</b> — любое соединение, которое обладает	<b>Что такое кислота Льюиса?</b>	1 балл за правильный ответ

	вакантной орбиталью и может принять на нее электронную пару.		
2	Б	<b>Какой заместитель повышает электронную плотность бензольного кольца?</b> А. CHO. Б. NH <sub>2</sub> . В. Cl. Г. NO <sub>2</sub> .	1 балл за правильный ответ
3	<b>Молекулярная орбиталь</b> — орбиталь, образовавшаяся в результате перекрывания двух и более атомных орбиталей.	<b>Что такое молекулярная орбиталь?</b>	1 балл за правильный ответ
4	А	<b>Какой заместитель повышает силу бензойной кислоты?</b> А. NO <sub>2</sub> . Б. NH <sub>2</sub> . В. OH. Г. CH <sub>3</sub> .	1 балл за правильный ответ
5	В	<b>При перекрывании каких орбиталей образуется π-связь?</b> А. sp <sup>3</sup> x p. Б. sp x sp. В. p x p. Г. sp <sup>2</sup> x sp.	1 балл за правильный ответ
<b>Задания открытого типа</b>			
6	<b>Сравните основность триэтиламина и трифениламина.</b>		3 балла
Правильный ответ (ключ): 1. Запишем формулы соединений: (C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>3</sub> N; (C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>3</sub> N. 2. Оцениваем эффекты заместителей: C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> (+I); C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> (-I). 3. Основность выше у соединения (C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>3</sub> N из-за +I-эффекта заместителя.			1 балл 1 балл 1 балл Итого: 3 балла
7	<b>Оцените дипольный момент связи С–Н в метилацетилене и метилэтилене.</b>		3 балла
Правильный ответ (ключ): 1. Записываем структурные формулы: CH <sub>3</sub> –C≡C–H; CH <sub>3</sub> –CH=CH <sub>2</sub> . 2. Оцениваем электроотрицательность тройной и двойной связи: ЭО C≡C > C=C.			1 балл 1 балл

3. Дипольный момент связи С–Н выше в метилацетате.		1 балл
		Итого: 3 балла
8	<b>Оцените изменения электронной плотности в молекуле бензола при введении амино- или нитро- групп.</b>	3 балла
Правильный ответ (ключ): 1. Запишем формулы соединений: $\text{NH}_2\text{-C}_6\text{H}_5$ ; $\text{NO}_2\text{-C}_6\text{H}_5$ . 2. Оценим заместители: $\text{NH}_2$ (+M); $\text{NO}_2$ (-M). 3. Электронная плотность выше в молекуле $\text{NH}_2\text{-C}_6\text{H}_5$ .		1 балл 1 балл  1 балл  Итого: 3 балла
9	<b>Расположите соединения в порядке возрастания <math>K_a</math>: а) уксусная; б) <math>\alpha</math>-циануксусная.</b>	3 балла
Правильный ответ (ключ): 1. Запишем формулы соединений: $\text{CH}_3\text{-COOH}$ ; $\text{CN-CH}_2\text{-COOH}$ . 2. Оценим заместители: $\text{CH}_3$ (+I); $\text{CN-CH}_2$ (-I). 3. Располагаем кислоты по увеличению $K_a$ . <b>Ответ:</b> б > а.		1 балл 1 балл  1 балл  Итого: 3 балла
10	<b>Какая водородная связь более прочная в водном растворе этанола?</b>	3 балла
Правильный ответ (ключ): 1. Возможны связи: а) $\text{H}_2\text{O-H}_2\text{O}$ ; б) $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH-C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ; в) $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH-H}_2\text{O}$ . 2. Оцениваем величину электронной плотности: $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} > \text{H}_2\text{O}$ . 3. Более прочная связь: $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH-H}_2\text{O}$ .		1 балл  1 балл 1 балл  Итого: 3 балла

## Материалы для проведения текущей аттестации Вопросы для самопроверки и повторения

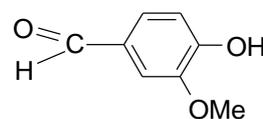
### Тема 1. Введение

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

- строение фурана. Сколько электронов образуют сопряженную  $\pi$ -систему?
- Учитывая форму и пространственную направленность орбиталей атомов углерода, графически изобразите схему электронного строения  $\sigma$ - и  $\pi$ -связей в бутадиене -1,2.
  - Учитывая форму и пространственную направленность орбиталей атомов углерода и серы, графически изобразите электронное строение тиофена. Сколько и какие электроны образуют сопряженную  $\pi$ -систему.
  - 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?
  - Учитывая форму и пространственную направленность орбиталей атомов углерода и азота, графически изобразите схему электронного строения пиримидина.
  - 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?
  - Учитывая форму и пространственную направленность орбиталей атомов углерода и азота, графически изобразите схему электронного строения имидазола.

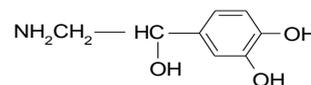
## Тема 2. Распределение электронной плотности в органических молекулах

- 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:

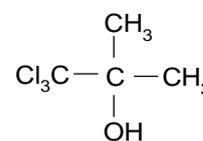
6. Определите, какое из соединений в каждой паре имеет больший дипольный момент. В какой паре соединений I-II или III-IV больше разность дипольных моментов?

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 преобразовать одни предельные структуры в другие:  $n\text{-NH}_2\text{C}_6\text{H}_4\text{F}$ ;  $m\text{-HC}\equiv\text{C-C}_6\text{H}_4\text{F}$ .

13. Электронодонорное или электроноакцепторное характер проявляют аминогруппа и карбоксильная группа в соединениях:  $\text{NH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$  и  $\text{NH}_2\text{C}_6\text{H}_4\text{COOH}$ .
14. Расположите в порядке возрастания констант диссоциации следующие кислоты: цианоуксусную,  $\beta$ -цианопропионовую,  $\alpha$ -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:  $n\text{-NO}_2\text{C}_6\text{H}_4\text{F}$ ;  $m\text{-H}_2\text{C}=\text{C}-\text{C}_6\text{H}_4\text{F}$ .
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  $\sigma$ - и  $\pi$ -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-гидроксibenзойной 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.
3. Рубежный контроль

**Материалы для проведения промежуточной аттестации**

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

<p><b>ПК-1.2</b></p>	<p>1. Расположите в ряд в порядке уменьшения полярности связи С=О следующие соединения: трифторацетон, хлорацетон, гексафторацетон, ацетон.</p> <p>2. 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>
<p><b>ПК-1.3</b></p>	<p>1. Расположите в порядке возрастания констант диссоциации следующие кислоты: цианоуксусную, β-цианопропионовую, α-цианопропионовую. Будут ли эти кислоты сильнее уксусной.</p> <p>2. Подобрать посуду для синтеза тетрафенилфосфат бромид</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>
<p><b>ПК-2.1</b></p>	<p>1. Определите, какое из соединений в каждой паре имеет больший дипольный момент. В какой паре соединений I-II или III-IV больше разность дипольных моментов?</p> <p>а) Анилин (I) – 2,4,6-триметиланилин (II);</p> <p>б) N,N-Диметиланилин (III) – 2,4,6-триметил-N,N-диметиланилин (IV).</p> <p>2. Расположите приведенные ниже соединения в порядке уменьшения основных свойств: анилин, ацетаниlid, бензиламин</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>
<p><b>ПК-2.2</b></p>	<p>1. Основные хромофоры в УФ-спектроскопии</p> <p>2. Расположите в порядке уменьшения кислотных</p>	<p>Ответ правильный с объяснением и примерами – 3 балла (отлично)</p>

	свойств следующие кислоты: гликолевую, уксусную, молочную, цианоуксусную.	<p>Ответ верный без примеров – 2 балла (хорошо)</p> <p>Ответ верный без объяснений – 1 балл (удовлетворительно)</p>
--	---	---

## 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) Рекомендуемая литература

### **а) Основная литература:**

1. Реутов О.А. Органическая химия. Часть 1 [Электронный ресурс]/ Реутов О.А., Курц А.Л., Бутин К.П.— Электрон. текстовые данные.— М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014.— 568 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/4600.html>

2. Реутов О.А. Органическая химия. Часть 2 [Электронный ресурс]/ Реутов О.А., Курц А.Л., Бутин К.П.— Электрон. текстовые данные.— М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014.— 624 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/4601.html>

3. Реутов О.А. Органическая химия. Часть 3 [Электронный ресурс]/ Реутов О.А., Курц А.Л., Бутин К.П.— Электрон. текстовые данные.— М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014.— 545 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/4602.html>

4. Реутов О.А. Органическая химия. Часть 4 [Электронный ресурс]/ Реутов О.А., Курц А.Л., Бутин К.П.— Электрон. текстовые данные.— М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013.— 727 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/4603.html>

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

1. Иванов В. Г. Органическая химия. Краткий курс : Учебное пособие / Иванов Виталий Георгиевич, Гева Ольга Николаевна. - 1. - Москва ; Москва : ООО "КУРС" : ООО "Научно-издательский центр ИНФРА-М", 2018. - 222 с. – Электронный ресурс. – Режим доступа: <http://znanium.com/go.php?id=912392>

#### 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/наука\\_i\\_tehnika/himiya/BIOHIMIYA.html](http://www.krugosvet.ru/enc/наука_i_tehnika/himiya/BIOHIMIYA.html)

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

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

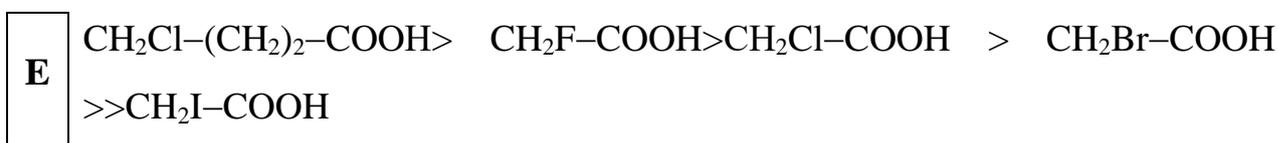
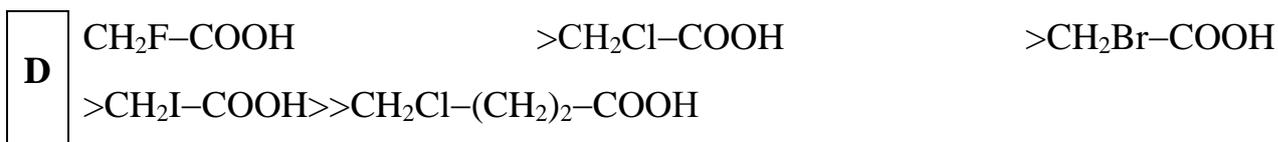
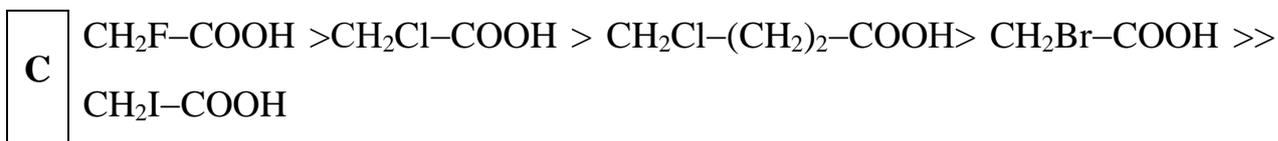
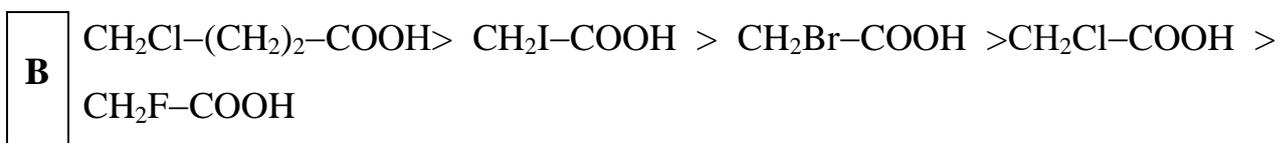
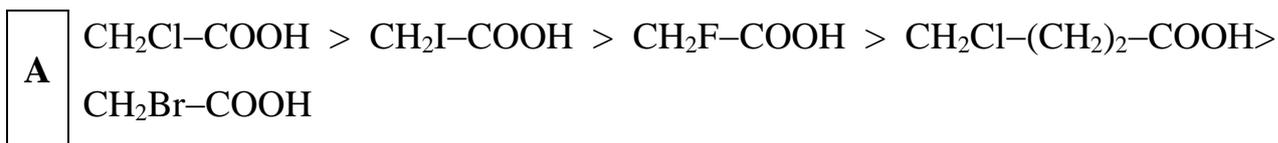
6. <http://www.chem.msu.su/rus/teaching/kolman/index.htm>

## VI. Методические материалы для обучающихся по освоению дисциплины

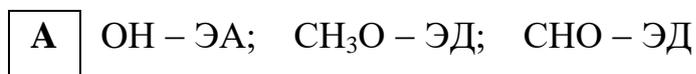
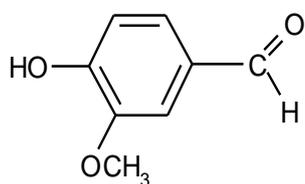
### Вопросы к экзамену

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)?

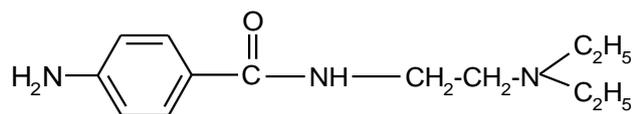


**C** OH –ЭД; CH<sub>3</sub>O –ЭА; CHO –ЭД

**D** OH –ЭД; CH<sub>3</sub>O –ЭА; CHO –ЭА

**E** OH –ЭА; CH<sub>3</sub>O –ЭА; CHO –ЭА

3. 2-(Диэтиламино)этиламид*n*-аминобензойной кислоты применяется в медицинской практике в



виде гидрохлорида под названием

новокаинамид.

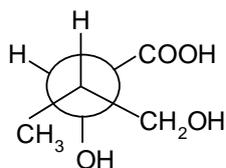
Определите место протонирования в исходной молекуле.

- A** Только атом кислорода
- B** Только три атома азота
- C** Атом кислорода и атом азота в незамещенной аминогруппе
- 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

**Е** 3-метил-2,4-дигидроксипропановая кислота

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

**А** 4

**В** 5

**С** 6

**Д** 7

**Е** 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:

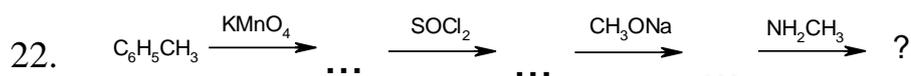
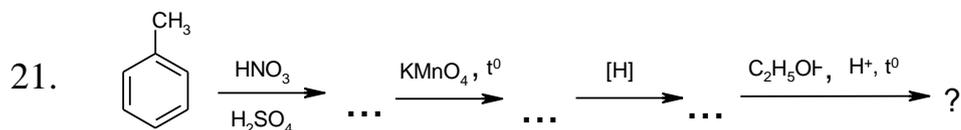
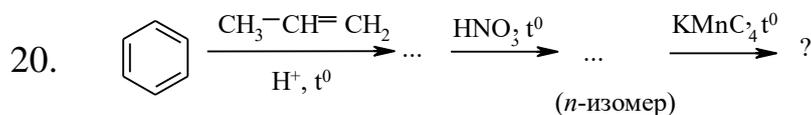
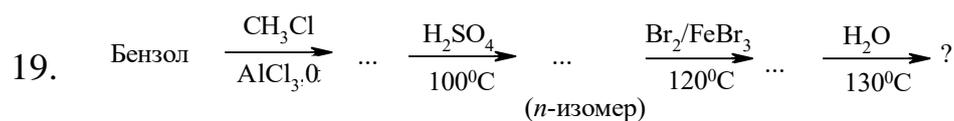
11.  $CH_3-CH_3$

**А** Ковалентная неполярная

\_\_\_\_\_

- |     |                 |          |                      |
|-----|-----------------|----------|----------------------|
| 12. | $C_2H_5I$       | <b>В</b> | Ковалентная полярная |
| 13. | $NH_4Cl$        | <b>С</b> | Семиполярная         |
| 14. | $[(CH_3)_3N]Br$ | <b>Д</b> | Ионная               |
| 15. | $CH_3NO_2$      | <b>Е</b> | Донорно-акцепторная  |
| 16. | $CH_3OH$        |          |                      |
| 17. | $HNO_3$         |          |                      |
| 18. | $N_2O_4$        |          |                      |

Какие продукты образуются в результате представленных последовательных реакций?



- |          |  |
|----------|--|
| <b>А</b> | 4-Гидроксибензолсульфокислота                  |
| <b>В</b> | N-Метиламид бензойной кислоты                  |
| <b>С</b> | 3-Гидрокси- <i>n</i> -толуолсульфокислота      |
| <b>Д</b> | Этиловый эфир <i>n</i> -аминобензойной кислоты |
| <b>Е</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).

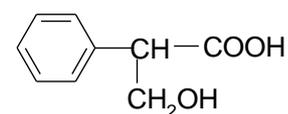
Особое внимание следует уделять овладению основными теоретическими понятиями, законами, методами, правилами и т.д. Для этого необходимо работать систематически, не пропускать лекционные и практические занятия, тщательно прорабатывать теоретический материал по учебнику, не оставлять невыясненными трудные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

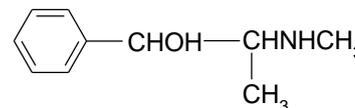
#### Классификация, номенклатура и структурная изомерия

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

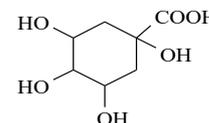


молекуле родоначальную структуру и назовите троповую кислоту по заместительной номенклатуре. Какие функциональные группы содержатся в ее молекуле?

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.



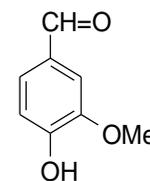
6. Назовите цитраль  $(\text{CH}_3)_2\text{C}=\text{CHCH}_2\text{CH}_2\text{C}(\text{CH}_3)=\text{CH}-\text{CH}=\text{O}$  по заместительной номенклатуре. К какому классу относится это соединение?

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.



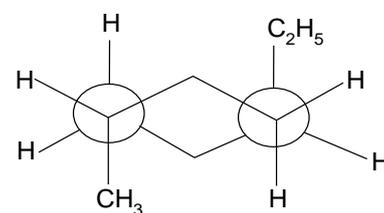
9. Систематическое название лекарственного средства терпина – 4-(1-гидрокси-1-метилэтил)-1-метилциклогексанол. Приведите его структуру и отметьте в ней первичный, вторичный и третичный атомы углерода. К какому классу относится терпин?
10. Основу сульфамидных препаратов составляет сульфаниловая кислота.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

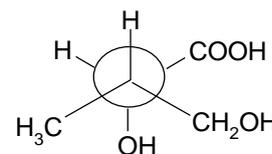


(1)

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)

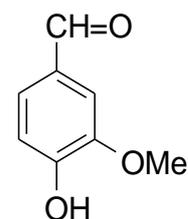
16. Назовите изображенное в виде формулы Ньюмена соединение (2) по заместительной номенклатуре. Хиральна ли его молекула?

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?

$\text{CH}_3\text{CH}_2-\bar{\text{C}}\text{H}-\text{CH}=\text{O}$  (1)       $\text{CH}_3-\bar{\text{C}}\text{H}-\text{CH}_2\text{CH}=\text{O}$  (2)

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*-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.

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

### VII. Материально-техническое обеспечение

Весы JW - 1 электронные (предел взвешивания 1500 г)

Весы JW - 1 электронные (предел взвешивания 1500 г)

Холодильник "Стинол 232"

Шкаф сушильный ШСС-80

Горелка (M082-06990)

Мойка (промыв. устройство) (M082-07017)

Плитка электрическая

Стол приставной

Стол с дверцами

Столик подъемный (M082-07046)

Сушилка для пипеток

Шкаф 2-х тумбовый

Шкаф вытяжной

Шкаф для материалов

Электроплитка для бани 0,6 кВт, столы, стулья, доска ученическая

### VIII. Сведения об обновлении рабочей программы дисциплины

№п.п.	Обновленный раздел рабочей	Описание внесенных изменений	Реквизиты документа, утвердившего
-------	----------------------------	------------------------------	-----------------------------------

	программы дисциплины		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