

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
(ВлГУ)

Институт биологии и экологии

УТВЕРЖДАЮ:
Директор института
Смирнова Н.Н.
28.09.2021 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ЭЛЕМЕНТЫ СТРОЕНИЯ ВЕЩЕСТВА

направление подготовки / специальность

04.03.01 – Химия

направленность (профиль) подготовки

Химический анализ, химическая и экологическая экспертиза объектов
окружающей среды

г. Владимир

2021



1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины «Элементы строения вещества» является ознакомление студентов с современным состоянием науки о строении вещества, как одного из главных разделов физической химии; формирование химического мировоззрения на основе современных представлений о строении молекул, твёрдых, жидких и газообразных тел. На основе краткого изложения общих вопросов теории строения атомов и молекул и основ теории стереохимии и строения молекул координационных соединений рассмотрены вопросы строения конденсированных фаз, таких, как жидкие, аморфные и мезофазы. В силу наличия специализированных курсов строение кристаллов и межфазных поверхностей рассматривается в общих чертах.

Задачи: глубокое понимание основ теории строения атомов и молекул, природы химической связи и движущих причин химической реакции стало в настоящее время отправным пунктом при изучении практически любого физико-химического курса в университетах и химико-технологических вузах. Кроме овладения основами теории химической связи, общего ознакомления с формальным аппаратом и терминологией, возникает необходимость более тесного знакомства с конкретными расчётными схемами, критического понимания их реальных возможностей и ограничений. От студента требуется не только усвоение общих идей и принципов теории строения атомов и молекул (что, конечно, остаётся важнейшей задачей), но и их активное применение, приложение к актуальным, в том числе ещё не полностью решённым задачам теоретической химии. Такая задача, которая некоторое время назад казалась нереальной в условиях вузовского преподавания, становится сейчас разрешимой и подкрепляется значительным расширением программ соответствующих обязательных учебных курсов.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Элементы строения вещества» относится к обязательной части учебного плана.

3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОПОП (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

| Формируемые компетенции (код, содержание компетенции) | Планируемые результаты обучения по дисциплине, в соответствии с индикатором достижения компетенции | | Наименование оценочного средства |
|---|---|--|----------------------------------|
| | Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора) | Результаты обучения по дисциплине | |
| <p>ОПК-2. Способен проводить с соблюдением норм техники безопасности химический эксперимент, включая синтез, анализ, изучение структуры и свойств веществ и материалов, исследование процессов с их участием.</p> <p>ПК-5 Способен применять информационные технологии и специализированные программы для обработки полученных данных</p> | <p>ОПК-2.1 Знает классы опасности основных вредных химических веществ и степень их воздействия на окружающую среду; общие правила техники безопасности при работе в лабораториях с опасными химическими веществами.</p> <p>ОПК-2.2 Умеет проводить исследования, включая синтез, анализ, изучение структуры и свойств веществ и материалов, процессов с их участием с соблюдением правил и норм техники безопасности.</p> <p>ОПК-2.3. Владеет способностью оценивать причины возможных нарушений параметров технологического процесса, исправность оборудования при проведении химического эксперимента, безопасность его использования, возможные риски; навыками безопасного обращения с кислотами, щелочами, легковоспламеняющимися жидкостями и другими химическими веществами.</p> <p>ПК-5.1. Знает методы проведения сравнительного анализа, исследований и экспериментальных работ.</p> <p>ПК-5.2. Умеет работать со сложным исследовательским, лабораторным оборудованием и средствами измерений; Формулировать выводы и рекомендации по результатам исследования.</p> <p>ПК-5.3 Владеет методами и</p> | <p>Знает: основы современных представлений о квантовом строении молекул, симметрию молекулярных систем, основные электрические и магнитные свойства молекул, основы межмолекулярного взаимодействия, строение конденсированных фаз, в том числе – жидкостей и аморфных веществ.</p> <p>Умеет: классифицировать молекулярные системы по элементам симметрии с определением точечной группы, предсказывать строение и основные электрические и магнитные свойства молекул по их дипольному моменту, показатель преломления и оптической активности, предсказывать поведение фаз исходя из представлений о межмолекулярном взаимодействии.</p> <p>Владеет: основными методами описания квантового строения молекул, описанием симметрии молекулярных систем по Шёнфлису, основными методами определения дипольного момента, показателя преломления и оптической активности молекул, основными принципами теоретического описания строения конденсированных фаз..</p> | тесты, вопросы |

| | | | |
|--|---|--|--|
| | средствами математической обработки и обобщения результатов исследований на основе статистических данных. | | |
|--|---|--|--|

4. ОБЪЕМ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц, 144 часа.

Тематический план форма обучения – очная

| № п/п | Наименование тем и/или разделов/тем дисциплины | Семестр | Неделя семестра | Контактная работа обучающихся с педагогическим работником | | | | Самостоятельная работа | Формы текущего контроля, форма промежуточной аттестации (по семестрам) |
|----------------------------|---|---------|-----------------|---|----------------------|----------------------|---------------------------------|------------------------|--|
| | | | | Лекции | Практические занятия | Лабораторные работы. | В форме практической подготовки | | |
| 1 | Основы современной теории химического строения | 3 | 1-2 | 4 | | 2 | | 14 | |
| 2 | Квантовые состояния молекул | 3 | 3-4 | 2 | | | | 14 | |
| 3 | Симметрия молекулярных систем | 3 | 5-9 | 16 | | 10 | | 14 | Рейтинг-контроль № 1 |
| 4 | Электрические и магнитные свойства молекул | 3 | 10-11 | 4 | | 2 | | 26 | |
| 5 | Межмолекулярные взаимодействия | 3 | 12-13 | 4 | | | | 12 | Рейтинг-контроль. № 2 |
| 6 | Строение жидкостей и аморфных веществ | 3 | 14-15 | 4 | | 4 | | 10 | |
| 7 | Обзор основных результатов по изучению строения молекул | 3 | 16-18 | 2 | | | | | Рейтинг-контроль № 3 |
| Всего за 3 семестр: | | | | 36 | | 18 | | 90 | Зачёт с оценкой |
| Наличие в дисциплине КП/КР | | | | | | | | | |
| Итого по дисциплине | | | | 36 | | 36 | | 72 | Зачёт с оценкой |

Содержание лекционных занятий по дисциплине

Раздел I. Программирование

Статья I. Введение

Общий обзор методов теоретического и экспериментального изучения строения молекул и строения вещества.

Раздел I. Строение молекул

Тема 1. Основы современной теории химического строения

Содержание темы. Основные положения квантовой механики. Строение одноэлектронных и многоэлектронных атомов.

Тема 2. Состояния молекул

Содержание темы. Равновесные конфигурации молекул. Структурная изомерия. Оптические изомеры.

Тема 3. Симметрия молекулярных систем

Содержание темы. Элементы и операции симметрии ядерной конфигурации молекулы. Точечные группы симметрии. Понятие о представлениях групп и характерах представлений.

Общие свойства симметрии волновых функций и потенциальных поверхностей молекул. Классификация квантовых состояний молекул по симметрии. Симметрия атомных и молекулярных орбиталей.

Влияние симметрии равновесной конфигурации ядер на свойства молекул и их динамическое поведение (дипольный момент и моменты инерции, форму нормальных колебаний, вырождение состояний, сохранение орбитальной симметрии при химических реакциях и т.п.). Орбитальные корреляционные диаграммы.

Тема 4. Электрические и магнитные свойства молекул

Содержание темы. Постоянные внешние электрическое и магнитное поля. Дипольный момент и поляризуемость молекул, магнитный момент и магнитная восприимчивость молекул. Парамагнетизм молекул.

Показатель преломления. Рефракция. Оптическая активность.

Тема 5. Межмолекулярные взаимодействия

Содержание темы. Диполь-дипольное взаимодействие. Дисперсионные силы и формула Лондона. Межмолекулярный потенциал Леннарда-Джонса. Постоянная Маделунга. Молекулярные пучки. Структура жидкостей. Вязкость.

Ван-дер-Ваальсовы силы. Водородная связь.

Тема 6. Обзор основных результатов по изучению строения молекул

Содержание темы. Полиядерные комплексные соединения. Хелаты.

Органические соединения. Полиэдраны. Фуллерены. Элементарноорганические соединения. Металлоцены. Клатраты. Ротаксаны и катенаны. Полимеры и биополимеры. Белки.

Раздел II. Строение конденсированных фаз

Тема 7. Строение жидкостей и аморфных веществ

Содержание темы. Современные методы описания структуры жидкостей. Функции радиального распределения. Специфика аморфного состояния.

Тема 8. Строение мезофаз

Содержание темы. Определение мезофаз. Методы изучения их структуры. Пластические кристаллы. Жидкие кристаллы (нематерики, смектики, холестерики и др.). Жидкокристаллическое состояние в биологических системах.

Заключение

Учение о строении вещества – основа современных воззрений химии.

Содержание лабораторных занятий по дисциплине

Тема 1. Структурная и пространственная изомерия.

Тема 2. Симметрия молекулярных систем. Точечные группы симметрии.

Тема 3. Симметрия молекулярных систем. Классификация по точечным группам.

Тема 4. Электрические и магнитные свойства молекул. Дипольный момент и поляризуемость молекул, магнитный момент и магнитная восприимчивость молекул. Парамагнетизм молекул. Показатель преломления. Рефракция. Оптическая активность.

Тема 5. Межмолекулярные взаимодействия. Диполь-дипольное взаимодействие. Молекулярные пучки. Структура жидкостей. Вязкость. Ван-дер-Ваальсовы силы. Водородная связь.

Тема 6. Строение жидкостей и аморфных веществ. Ассоциаты и кластеры в жидкостях. Специфика аморфного состояния.

Тема 7. Поверхностное натяжение жидкостей.

5. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

5.1. Текущий контроль успеваемости

Текущий контроль успеваемости приводится по результатам рейтинг-контроля по следующим контрольным вопросам:

Рейтинг-контроль №1

1. Основные положения теории строения Бутлерова.
2. Виды изомерии.
3. Общий обзор методов теоретического и экспериментального изучения строения молекул и строения вещества.
4. Основы современной теории химического строения.
5. Основные положения квантовой механики. Строение одноэлектронных и многоэлектронных атомов.
6. Состояния молекул.
7. Равновесные конфигурации молекул.
8. Структурная изомерия.
9. Оптические изомеры.
10. Структура и спектр атомарного водорода. Атомные орбитали. Радиус Бора.
11. Гомоядерные двухатомные молекулы. Симметрия орбиталей.
12. Гетероядерные двухатомные молекулы. Электроотрицательность.

Рейтинг-контроль №2

1. Элементы симметрии и операции симметрии E, C_n, i .
2. Элементы симметрии и операции симметрии σ, S_n .
3. Точечные группы Шёнфлиса. Группы C_1, C_s, C_i, C_n .
4. Точечные группы Шёнфлиса. Группы C_{nv}, C_{nh}, S_n .
5. Точечные группы Шёнфлиса. Группы D_n, D_{nh}, D_{nd} .
6. Точечные группы Шёнфлиса. Группы T, O, R_3 .
7. Порядок классификации по точечным группам.
8. Групповое умножение. Свойства групп.
9. Матричное представление трансформаций.
10. Характер операций симметрии.

Рейтинг-контроль №3

1. Дипольный момент и поляризуемость молекул.
2. Магнитный момент и магнитная восприимчивость молекул. Парамагнетизм молекул.
3. Показатель преломления. Рефракция.
4. Оптическая активность.
5. Межмолекулярные взаимодействия.
6. Уравнение Дебая.
7. Методика определения дипольного момента μ и поляризуемости α по плотности ρ и диэлектрической проницаемости ϵ .
8. Поляризуемость при высоких частотах. Рефракция.
9. Уравнение Лоренца-Лорентца.
10. Методика определения электронной поляризуемости α_{el} по плотности ρ и показателю преломления n .
11. Аддитивные свойства рефракции.
12. Ориентационное, индукционное и дисперсионное взаимодействие.
13. Жидкие кристаллы. Аморфное состояние.

5.2. Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины

Вопросы к зачёту с оценкой

1. Основные положения теории строения Бутлерова.
2. Виды изомерии.
3. Структура и спектр атомарного водорода. Атомные орбитали. Радиус Бора.
4. Гомоядерные двухатомные молекулы. Симметрия орбиталей. Гетероядерные двухатомные молекулы. Электроотрицательность.
5. Элементы симметрии и операции симметрии E , C_n , i , σ , S_n .
6. Точечные группы Шёнфлиса. Группы C_1 , C_s , C_i , C_n , C_{nv} , C_{nh} , S_n , D_n , D_{nh} , D_{nd} , T , O , R_3 .
7. Порядок классификации по точечным группам. Групповое умножение. Свойства групп.
8. Матричное представление трансформаций. Характер операций симметрии.
9. Дипольный момент. Диэлектрическая проницаемость. Поляризация.
10. Электрическая восприимчивость. Поляризуемость.

11. Уравнение Дебая. Методика определения дипольного момента μ и поляризуемости α по плотности ρ и диэлектрической проницаемости ε .
12. Поляризуемость при высоких частотах. Рефракция. Уравнение Лоренца-Лорентца. Методика определения электронной поляризуемости $\alpha_{эл}$ по плотности ρ и показателю преломления n . Аддитивные свойства рефракции.
13. Магнитная восприимчивость. Магнитный дипольный момент. Постоянный магнитный момент. Фазовые переходы парамагнетиков при понижении температуры. Влияние внешнего магнитного поля.
14. Ориентационное, индукционное и дисперсионное взаимодействие.
15. Отталкивание и суммарное вандерваальсово взаимодействие. Водородная связь.
16. Структура жидкостей. Жидкие металлы. Молекулярные жидкости. Жидкости с водородными связями. Вода.
17. Жидкие кристаллы.
18. Аморфное состояние.

5.3. Самостоятельная работа обучающегося.

1 раздел. Выберите правильные ответы:

1. Молекулы каких веществ способны к ориентационным взаимодействиям:
CO, H₂, He, H₂O, HCl, S₈, P₄, Cl₂?
2. Какие из веществ способны к образованию водородных связей:
CH₄, NH₃, H₂, CH₃CH₂OH, CH₃COOH, CH₃OCH₃, CaH₂?
3. Какие из веществ образуют кристаллы ионного типа:
HCl, I₂, KI, NaBr, Na, Cu, CaO, CaCO₃?

2 раздел. Вставьте пропущенные слова:

4. Ван-дер-ваальсовы силы бывают трех типов: ..., ..., и
5. ... силы проявляются во всех случаях, для любых веществ.
6. Ориентационные взаимодействия имеют место в случае ... молекул.
7. Водородные связи возникают между молекулами, содержащими атомы водорода, соединенные с атомами высокой
8. Наличие не только ближнего, но и дальнего порядка отличает ... тела от ...
9. Частицы, расположенные в узлах ... кристаллической решетки, связаны ван-дер-ваальсовыми силами.
10. В узлах кристаллической решетки ионного типа расположены ...

11. Наименее механически прочны и наиболее легкоплавки кристаллы с ... типом решетки.

12. Так как ширина запрещенной зоны для кристалла алмаза составляет 7 эВ, алмаз является

3 раздел. Ответьте на вопросы:

13. Расположите формулы следующих веществ: Cl_2 , HCl , CCl_4 в порядке возрастания роли ориентационных сил в межмолекулярных взаимодействиях.

14. Расположите формулы веществ: NH_3 , H_2O , HF в порядке возрастания энергии водородной связи.

15. Какое из изомерных соединений: $\text{CH}_3\text{-O-CH}_3$ или $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-OH}$ имеет более высокую температуру кипения? Почему?

Ответы на вопросы для самопроверки

1 раздел.

1. Полярные молекулы: CO , H_2O , HCl .

2. Соединения, в которых атомы элементов большой электроотрицательности связаны с атомами водорода: NH_3 , $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$, CH_3COOH .

3. Соединения, в которых связаны атомы сильно различающейся электроотрицательности ($\Delta\chi > 2$): KI , NaBr .

2 раздел.

4.... дисперсионные, ориентационные и индукционные.

5. Дисперсионные...

6. ...полярных...

7. ...электроотрицательности.

8. ...кристаллические... аморфных.

9. ... молекулярной...

10. ... ионы.

11. ... молекулярным...

12. ... диэлектриком.

3 раздел.

13. HCl , CCl_4 , Cl_2 .

14. Энергия водородной связи тем больше, чем больше разница электроотрицательностей водорода и второго элемента. Порядок возрастания энергии связи: $\text{HF} > \text{H}_2\text{O} > \text{NH}_3$.

Фонд оценочных средств для проведения аттестации уровня сформированности компетенций обучающихся по дисциплине оформляется отдельным документом.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Книгообеспеченность

| Наименование литературы: автор, название, вид издания, издательство | Год издания | КНИГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ | |
|---|-------------|---|---|
| | | Количество экземпляров изданий в библиотеке ВлГУ в соответствии с ФГОС ВО | Наличие в электронной библиотеке ВлГУ |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Основная литература* | | | |
| 1. Новиков А.Ф. Строение вещества (Электронные оболочки атомов. Химическая связь. Конденсированное состояние вещества). Издательство: НИУ ИТМО. 2013. | 2013 | 2 | http://e.lanbook.com/books/element.php?p11_id=71093 |
| 2. Михайленко Ю.А., Мезенцев К.В. Строение и реакционная способность веществ: учебное пособие. Издательство: КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева. 2013. | 2013 | | http://e.lanbook.com/books/element.php?p11_id=6643 |
| 3. А.М. Голубев и др. Строение вещества. Задачи для защиты модуля 1 по курсу химии : метод. Указания. М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2013. | 2013 | | www.studentlibrary.ru |
| Дополнительная литература | | | |
| 1. А.М. Голубев, А.А. Волков, И.В. Татьяна, В.Н. Горячева. Строение вещества. Строение кристаллов : учеб. Пособие. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2010. | 2010 | 1 | www.studentlibrary.ru |
| 2. А.А. Гуров, Ф.З. Бадаев, П.В. Слитиков. Строение вещества : метод. указания к выполнению лабораторной работы по курсу «Общая химия». М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011. | 2011 | 1 | www.studentlibrary.ru |

7.2. Периодические издания:

1. Журнал структурной химии.

7.3. Интернет-ресурсы.

1. <http://www.scirus.com/>

2. <http://www.ihik.lib.ru/>
3. <http://www.y10k.ru/books/>
4. <http://www.abc.chemistry.bsu.by/current/fulltext.htm>
5. <http://www.sciencedirect.com>
6. <http://chemteq.ru/lib/book>
7. <http://www.chem.msu.su/rus>
8. <http://djvu-inf.narod.ru/nclib.htm>
9. <http://www.elsevier.com/>
10. <http://www.uspkhim.ru/>
11. <http://www.strf.ru/database.aspx>

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Для реализации данной дисциплины имеются специальные помещения для проведения занятий лекционного типа, занятий практического типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Практические/лабораторные работы проводятся в лаборатории 331-1, 425-1, 433-1, 405-1.

При чтении лекционного курса используются мультимедийные средства обучения в виде набора слайдов с демонстрацией через проектор.

На лабораторных занятиях и лекциях используются наглядные пособия в виде моделей.

В лабораторном практикуме задействованы приборы и установки: рефрактометр, пикнометры, цифровые весы, установка Ребиндера.

Перечень используемого лицензионного программного обеспечения: Windows 7, Microsoft Office 2010, Power Point, Adobe Reader,

Рабочую программу составил доцент Лобко В.Н. 

Рецензент
(представитель работодателя)

ООО «БИОХИМПРЕСУРС», научный сотрудник
к.х.н.



Д.К. Лаврухин

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры химии

Протокол № 10 от 25.06 2021 г.

Заведующий кафедрой



Б.А. Кухтин

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии
направления 04.03.01 – «Химия»

Протокол № 10 от 25.06. 2021 г.

Председатель комиссии



Б.А. Кухтин

**ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ**

Рабочая программа одобрена на _____ учебный год

Протокол заседания кафедры № _____ от _____ года

Заведующий кафедрой _____

Рабочая программа одобрена на _____ учебный год

Протокол заседания кафедры № _____ от _____ года

Заведующий кафедрой _____

Рабочая программа одобрена на _____ учебный год

Протокол заседания кафедры № _____ от _____ года

Заведующий кафедрой _____

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

в рабочую программу дисциплины

«Элементы строения вещества» образовательной программы направления подготовки 04.03.01 –
Химия, направленность: Химический анализ, химическая и экологическая экспертиза объектов
окружающей среды

| Номер изменения | Внесены изменения в части/разделы рабочей программы | Исполнитель ФИО | Основание (номер и дата протокола заседания кафедры) |
|--------------------|--|--------------------|--|
| 1 | | | |
| 2 | | | |

Зав. кафедрой _____ / _____
Подпись *ФИО*