

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ ОБРАЗОВАНИЯ
ИНСТИТУТ СОДЕРЖАНИЯ И МЕТОДОВ ОБУЧЕНИЯ
(ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ)

На правах рукописи

КОЖЕВНИКОВ Дмитрий Николаевич

Создание и использование комплекса моделей атомов и молекул
для изучения строения вещества в курсе химии средней школы

13.00.02 – теория и методика обучения и воспитания
(химии в общеобразовательной школе)
(по педагогическим наукам)

Диссертация

на соискание ученой степени кандидата педагогических наук

Научный руководитель:
член-корреспондент РАО,
доктор педагогических наук,
профессор Назарова Т. С.

Москва - 2004

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4 – 13
Глава 1. Анализ содержания курса химии 8–11 класса по вопросам строения вещества и его обеспечения средствами наглядного моделирования.	14– 54
1.1. Задачи и особенности изучения строения вещества в школьном курсе химии.	14–26
1.2. Моделирование как метод научного исследования и его роль при формировании целостного знания о строении вещества.	27 – 44
1.3. Традиционные модели атомов и молекул, используемые в преподавании естественнонаучных дисциплин.	45 – 54
Выводы к главе 1.	55 – 56
Глава 2. Педагогико-эргономические требования к созданию и использованию моделей для изучения строения вещества.	57 – 109
2.1. Принцип научности и адаптация новых научных данных для обучения. Современные тенденции развития моделирования.	57 – 74
2.2. Педагогико-эргономические требования к моделям атомов и молекул и их новые дидактические возможности.	75 – 103
2.3. Характеристика комплекта моделей для изучения строения веществ.	104 – 109
Выводы к главе 2.	110 – 111
Глава 3. Организация использования комплекса моделей при изучении строения вещества в курсе химии средней школы.	112 – 167

3.1. Методические возможности использования комплекса с включением кольцевых моделей при изучении строения веществ в курсе химии средней школы.	112 – 121
3.2. Методические приёмы использования комплекса моделей с включением кольцевых моделей для демонстрации и проведения практических работ по неорганической и органической химии.	122 – 155
3.3. Экспериментальная проверка педагогической эффективности комплекса моделей атомов и молекул для изучения строения вещества в курсе химии средней школы.	156 – 167
Выводы к главе 3.	168 – 169
Заключение.	170 – 171
Приложение 1	172 – 184
Приложение 2	185 – 202
Приложение 3	203
Приложение 4	204 – 208
Иллюстрации к тексту диссертации	209 – 215
Список литературы	216 – 228

Введение

Актуальность исследования

В современной общеобразовательной школе осознанное понимание химических процессов требует глубокого изучения строения атомов, молекул, кристаллических структур тел и природы химической связи. Курс химии средней школы строится на основе атомно-молекулярной теории, закона Авогадро, законов постоянства состава и сохранения массы вещества, периодической системы химических элементов Д. И. Менделеева, теории строения веществ.

Формирование понятий о строении вещества относится к одной из наиболее важных задач в методике обучения химии.

Моделирование - это метод познания изучаемых качеств объекта через модели: действия с моделями, позволяющие исследовать отдельные, интересующие нас качества, стороны или свойства объекта или прототипа.

Учебные модели составляют существенный компонент учебно-методического комплекта, центральное место в котором принадлежит учебникам и учебно-методической литературе.

Модели определяются как учебные изобразительные средства, замещающие натуральные объекты и передающие их структуру, существенные свойства, связи и отношения.

Особенное значение имеет применение моделей при изучении процессов, которые невозможно наблюдать из-за большой разницы временных или пространственных масштабов. Модель оказывается единственным объектом, который является носителем информации о процессе или явлении. В такой ситуации большое значение отводится модельному эксперименту. Модельный эксперимент - это особая форма эксперимента, для которой характерно

использование действующих материальных моделей в качестве специальных средств экспериментального исследования. К модельному эксперименту, в котором вместо самого объекта изучается замещающая его модель, прибегают в случаях, когда объект исследования недоступен наглядному созерцанию, как объект микромира. Поэтому проблема моделирования особенно актуальна в естественных науках. В физике и химии - это проблема моделирования микрообъектов, то есть атомов и молекул.

Наибольший объем информации человек получает с помощью зрения, поэтому в первую очередь должны быть представлены «очевидные» модели. Предпочтительнее, чтобы они были ещё и осязаемые, то есть материальные. Опыт многолетнего применения моделей в процессе обучения химии показал их большую роль в процессе обучения, эффективность воздействия с их помощью учителя на ученика. Необходимость использования наглядных моделей, продолжающееся их совершенствование и появление новых моделей обусловлены развитием химии как науки и продолжающимся развитием методики технологий обучения.

Существенным фактором, препятствующим созданию моделей, удовлетворяющих педагогико-эргономическим требованиям, является несовместимость современных научных представлений с большинством простых и наглядных образов, используемых в моделировании. Попытка адаптации научных данных к процессу обучения в школе приводит к созданию упрощённых моделей и связана с определенными погрешностями в отображении свойств. Фактически создание учебных моделей сводится к задаче оптимального выбора между моделями различной степени сложности и различной изобразительной мощности. С дидактической точки зрения, это неизбежно приводит к необходимости формирования комплекса

взаимосвязанных моделей, описательные характеристики которого должны удовлетворять всем запросам наглядного моделирования.

Первая попытка систематизации учебного оборудования и ее обоснование с точки зрения специфики химической науки и дидактического принципа наглядности обучения была осуществлена А. А. Грабецким и К. Я. Парменовым в книге «Учебное оборудование по химии». Авторы делают вывод о том, что наглядные пособия должны применяться в процессе обучения продуманно, в определенной системе, что они ценны как важное дидактическое средство, помогающее достижению учебно-воспитательных задач.

Однако традиционно используемые модели не являются достаточными для формирования комплекса моделей для обучения. Выборочность моделируемых с их помощью свойств, взаимная несовместимость моделей и отсутствие между ними структурно-логических связей создает препятствия обучению и усложняет процесс усвоения информации. Следует дополнить список рекомендуемых моделей такими современными моделями, которые позволили бы связать воедино исторические модели атома, отражающие собой развитие знаний об атоме (Демокрита, Томсона, Резерфорда), модели, ставшие уже традиционными при изучении химии (шаростержневые, Стюарта – Бриглеба, или Полинга), модели, используемые в вычислительных научных методах (метод М.О.). Необходимо создание иерархичной системы моделей, в рамках которой могли бы быть построены различные модели и объяснены особенности строения атома, иллюстрируя в зависимости от необходимости определенные моделируемые стороны.

Из-за сложности изложения основ квантовой химии в учебниках для восьмых и девярых классов не даётся необходимого разъяснения причин размещения электронов вокруг ядер, не рассматривается возможность определения числа электронов на энергетическом слое. Это затрудняет

формирование представлений об электронном строении атомов, молекул, кристаллических тел. А это относится к основным задачам изучения курса химии, начиная с восьмого класса общеобразовательной школы.

Проблемы моделей и моделирования остаются актуальными при изучении периодического закона и периодической системы химических элементов Д.И. Менделеева: необходимо проводить демонстрацию моделей устойчивых электронных оболочек, которые определяют вид таблицы химических элементов. При изучении химических связей также необходимы простые образы взаимодействия атомов с образованием общей молекулярной оболочки. Такое явление должно сопровождаться наглядным образом, а не только символьным обозначением.

Необходимость в наглядных моделях столь велика, что в опыте школ изготавливают множество наглядных моделей для отображения электронных формул. Для демонстрации смещения электронов от одного атома к другому используются различные подходы: магнитная доска с изображением точки (электрона); коробочки с разноцветными фишками, обозначающими электроны, и кругами, обозначающими атомы различных веществ и ионов; набор из цветных пластмассовых фигур, изображающих различные виды электронных облаков, полусфер, обозначающих атомы или ионы на магнитной основе. Вышеперечисленные и подобные им наглядные пособия эквивалентны рисованию электронных схем на доске. Отличие в том, что модели, оставаясь знаковыми, приобретают некоторые черты материальности – становятся осязаемыми и динамичными, но от этого их информационная ёмкость не повышается.

Актуальной проблемой является создание новых учебных моделей, аналогичных научным и обладающих дидактическими свойствами. Этой проблеме методисты уделяют большое внимание на всём протяжении

совершенствования научных моделей. А. И. Шпак предлагал в восьмом классе в виде первой модели использовать электрон, рассматривая его расположение в пространстве, форму электронного облака [135]. С. Н. Дроздов рекомендовал для этой цели использовать модели, изготовленные из мягкой медной или алюминиевой проволоки [40].

В.С. Полосин для изложения вопроса о направленности электронных облаков в пространстве использовал модели из мячей и надувных шаров, а также разборные модели s- и p- орбиталей, выполненные из проволоки, окрашенной в различные цвета. По результатам работы со школьниками им сделан вывод, что при изучении явлений микромира нельзя ограничиваться только одним видом наглядных пособий, необходимо применять комплекс различных моделей и других средств наглядности [88].

Ю. И. Булавин предлагал использовать механические и электрические устройства для приведения во вращение деталей, воспроизводящих различные формы электронных облаков [12].

С. С. Бердоносков, констатируя, что подход к объяснению строения даже простейших молекул (CH_4 , NH_3 , H_2O и др.), который традиционно используют в средней школе, мало нагляден и весьма сложен, основан на целом ряде искусственных допущений, аргументированно предлагает использовать модели Р. Гиллеспи, которые весьма просты и позволяют объяснять строение не только молекул с простыми связями, но и веществ значительно более сложного состава, образующих двойные и тройные связи [8, с. 16].

Обучающие модели, как и исследовательские, должны быть информативными, то есть их использование должно создавать образ, насыщенный информацией, необходимой и достаточной для формирования понятия о моделируемом объекте. В то же время информативная (научная) насыщенность обучающих моделей не должна конфликтовать с их

приспособленностью к специфике учебного процесса. В отличие от исследовательских обучающие модели одного объекта или явления не должны входить в противоречие с мировыми закономерностями и должны быть совместимыми между собой. Под совместимостью понимается такое взаимоотношение моделей, при котором имеется возможность замены одной модели другою без ущерба для общей научной картины изучаемого явления. Использование совместимой модели вместо рекомендованной должно приводить не к противоречиям, а либо к усложнению способа объяснения, либо, в крайнем случае, к потере моделируемой стороны объекта.

В целом появление различных моделей объясняется разным уровнем сложности моделируемых явлений и различными областями их применения. Поэтому границы применения различных моделей обязательно должны пересекаться. Обязательно должна быть область пересечения, в которой возможно применение как минимум двух моделей. В идеальном случае любая сложная модель должна быть совместимой с любой более простой моделью, отличаясь лишь диапазоном использования. Иначе процесс обучения и усвоения знаний о реальном объекте или явлении рискует перейти в область изучения особенностей самих моделей и их взаимоотношений в различных условиях. Совместимые модели, отличающиеся информационной ёмкостью, могут быть объединены в систему обучающих моделей, или образовать комплекс обучающих моделей, использование которого позволит избежать фрагментарности и отрывочности усвоения информации, обеспечив связность и системность знания.

Проблема исследования заключается в противоречии между необходимостью информирования учащихся в соответствии с уровнем современного развития науки и малой информационной ёмкостью традиционных дидактических средств – моделей атомов и молекул; между потребностью внедрения

относительно новой формы обучения – модельного эксперимента и недостаточной наглядностью, а часто и взаимной несовместимостью используемых моделей.

Объектом исследования является процесс изучения строения вещества с использованием моделей атомов и молекул в курсе химии средней школы.

Предмет исследования: теория и практика создания и использования комплекса моделей атомов и молекул для изучения строения вещества в курсе химии средней школы.

Цель исследования: определение путей и способов создания и использования комплекса современных моделей атомов и молекул для изучения строения веществ, их физических и химических свойств.

Гипотеза исследования: если комплекс учебных моделей атомов и молекул, созданный с учетом современных тенденций моделирования на основе традиционных и новых моделей, будет отвечать требованиям высокой информационной ёмкости, обладать широкими дидактическими возможностями и использоваться для внедрения новой формы обучения – модельного эксперимента, то это будет способствовать: формированию у учащихся целостного и осознанного знания о строении вещества; пониманию свойств веществ; углублению и долговременному сохранению знаний; укреплению междисциплинарных связей и созданию единой научной картины мира.

Задачи исследования

1. Провести анализ содержания курса химии 8-11 классов по вопросам строения вещества и его обеспечения средствами наглядного моделирования.
2. Сформулировать педагогико–эргономические требования к моделям и сформировать единый комплекс взаимно непротиворечивых научно обоснованных учебных моделей (включающий в себя как традиционно

используемые, так и новые кольцевые модели), обеспечивающий достижение педагогических целей наиболее эффективными способами.

3. Разработать методические приёмы использования комплекса учебных моделей, включая кольцевые, проверить возможность проведения с их помощью модельных экспериментов, оценить педагогическую эффективность его использования в школьной практике.

Методологической основой исследования являются фундаментальные исследования в области дидактики, психологии, теории создания и использования различных видов средств обучения и их комплексов (А.А. Грабецкий, Л.С. Зазнобина, А.А. Макареня, Е.Е. Минченков, Т.С. Назарова, С.Г. Шаповаленко), методики обучения химии (О.С. Зайцев, Н.Е. Кузнецова, Л.А. Цветков, Г.М. Чернобельская, И.Н. Чертков), психолого-педагогические и эргономические теории (В.В. Давыдов, В.П. Зинченко, В.М. Мунипов), результаты анализа научно-технических достижений в области создания моделей элементарных частиц, атомов и их химических соединений.

Методы исследования

- Анализ педагогической, методической, химической, психолого-педагогической литературы по вопросам теории познания и управления процессом усвоения знаний, проектирования и создания средств обучения по проблемам строения вещества, создания и использования моделей при изучении структуры вещества.
- Наблюдение и обобщение педагогического опыта школьных занятий, опыта передовых учителей и методистов, педагогических инноваций, а также опыта внешкольной кружковой работы учащихся.
- Экспериментальная проверка сравнительной педагогической эффективности влияния отдельных моделей и комплекса в целом на качество обучения.

Этапы исследования

На первом этапе (1996-1998 гг.) определены проблемы и трудности, с которыми сталкиваются учителя и ученики при изучении строения вещества в курсе химии средней школы, связанные со сложным строением атома и насущной необходимостью знания закономерностей его строения. Определён способ решения проблем усвоения учебного материала и создания условий повышения качества знания путём с помощью комплекса моделей, отличающегося взаимосвязанностью всех компонентов и новыми дидактическими возможностями.

На втором этапе (1999-2001 гг.) рассмотрены тенденции современного моделирования, педагогико–эргономические требования, предъявляемые к моделям, предложен комплекс учебных моделей, включающий новые кольцевые модели, и рассмотрены дидактические возможности комплекса.

На третьем этапе (2002-2003 гг.) определены приёмы и способы использования комплекса моделей для изучения строения вещества, составлены методические рекомендации и проверена педагогическая эффективность его использования.

Научная новизна и теоретическая значимость исследования

- Разработана концепция создания и использования комплекса учебных моделей атомов и молекул для изучения строения вещества, включающая основные и специфические педагогико–эргономические требования, предъявляемые к используемым моделям с учётом современных тенденций моделирования.
- Предложена серия новых учебных моделей, представляющих собой необходимые компоненты для создания комплекса средств наглядного моделирования, отвечающих современным педагогико–эргономическим требованиям.

- Разработаны методические приёмы использования комплекса моделей, включая кольцевые, для обучения химии в средней школе, обеспечивающие эффективность усвоения знаний учащимися.

Практическая значимость результатов исследования

- Сформирован комплекс учебных моделей атомов и молекул, включающий новые кольцевые модели.
- Разработаны и освоены производством наборы кольцевых моделей и созданы компьютерные графические программы для ознакомления с кольцевыми.
- Подготовлена к внедрению в школу серия таблиц по теме «Строение вещества», разработанная на базе комплекса учебных моделей атомов и молекул с включением кольцевых.
- Составлены методические рекомендации по использованию комплекса учебных моделей атомов и молекул в обучении.
- Проверена возможность использования новых моделей в обучении в виде компьютерно-графических программ обеспечивающих и контролирующих эффективность усвоения знаний учащимися при изучении вопросов строения вещества.

Глава 1. Анализ содержания курса химии 8–11 класса по вопросам строения вещества и его обеспечения средствами наглядного моделирования

1.1. Задачи и особенности изучения строения вещества в школьном курсе химии.

Исследуя проблему соотношения основ науки и учебного предмета, С. Г. Шаповаленко выдвинул концептуальные идеи отбора содержания и построения учебного предмета [133]. Структурирование курса опирается на логику науки. Как отмечал Л. А. Цветков, школьный учебный предмет – не микроскопия вузовского курса, а дидактически переработанная система знаний и умений, отобранных из области науки [124, с. 17]. Поэтому для общеобразовательной школы из всей совокупности химических знаний можно отобрать научные факты, теории, наиболее общие и фундаментальные, усвоение которых позволяет понять роль химии в познании мира, развитии материального производства и открывает путь к более углубленному изучению любой химической дисциплины.

Основное содержание органической и неорганической химии составляют две концептуальные системы знаний: 1) учение о веществах, их составе и строении, о зависимости свойств веществ от состава и строения, позволяющее понять окружающий вещественный мир и проектировать на основе этих знаний построение новых нужных веществ и материалов; 2) учение о химических процессах, их закономерностях, позволяющее понять химические явления в природе и осуществлять химические реакции в целях практического получения мысленно конструируемых веществ и материалов. Эти учения должны, очевидно, составить костяк конструируемого учебного предмета [124, с. 19].

В современной общеобразовательной школе осознанное понимание химических процессов невозможно без глубокого изучения строения атомов, молекул, кристаллических структур тел и природы химической связи. Курс химии средней школы строится на основе атомно-молекулярной теории, закона Авогадро, законов постоянства состава и сохранения массы вещества, периодической системы химических элементов Д. И. Менделеева, теории строения веществ.

Формирование понятий о строении вещества относится к одной из наиболее важных задач в методике обучения химии. Понятие – средство мысленного воспроизведения какого-либо предмета как целостной системы [35]. Иметь понятие о предмете означает владеть общим способом мысленного построения этого предмета. Понятие – обобщенная форма отражения в мышлении предметов и явлений действительности и связей между ними посредством фиксации общих и специфических существенных признаков и отношений. Процесс формирования систем химических понятий в обучении диалектичен по своей природе, поскольку отражает генезис, динамику и противоречия в развитии этой формы мышления [58].

Раскрывая особенности строения, теория строения веществ становится научной основой, методом познания природы веществ, их превращений. Пронизывая весь школьный курс химии, эта теория обеспечивает систематичность его изложения, а усвоение знаний делает более глубоким и осознанным. Знание строения атомов и периодического закона даёт возможность сформировать систему понятий о химической связи, степени окисления и электроотрицательности элементов.

Осознанному усвоению понятий об электронном строении атомов способствует также элементарное представление о спине. Использование его одновременно с изображением распределения электронов по электронным

слоям способствует формированию понятий о строении многоэлектронных атомов, периодах и группах элементов, химической связи, степени окисления [79].

Из-за сложности изложения основ квантовой химии в учебниках для восьмых и девярых классов не даётся необходимого разъяснения причин и закономерностей размещения электронов вокруг ядер, не рассматривается возможность самостоятельного определения числа электронов на энергетическом слое [135]. Это затрудняет формирование устойчивых представлений об электронном строении атомов, молекул, кристаллических тел. А это относится к основным задачам изучения курса химии, начиная с восьмого класса общеобразовательной школы. Кратко они сводятся к следующему:

- изучить периодический закон, обеспечивающий понимание первоначальной классификации веществ и создающий базу для восприятия строения вещества;
- развить представления учащихся, полученные на уроках по физике о структурных элементах атомов, молекул, макроскопических тел;
- показать особую роль электромагнитных взаимодействий в условиях микромира, обеспечивающую понимание химических связей в веществах;
- дать современные представления о строении атомов, молекул и кристаллических структур твёрдых веществ;
- сформировать образные представления о строении атомов, молекул и кристаллических структур твёрдых веществ;
- показать все существенные признаки различных систем частиц, составляющих структуру и пространственное расположение частиц в веществе, а также силы их взаимодействия;

- обеспечить экспериментальное объяснение изучаемых в школе физико-химических свойств веществ на основе их строения [135].

Характеризуя процесс развития химической науки, академик Н. Н. Семенов пришел к выводу, что «химическое превращение, химическая реакция есть главный предмет химии». Однако для первоначального изучения химии курс, построенный на логике изучения химических процессов, мало пригоден. В какой бы связи та или иная химическая реакция не рассматривалась, чтобы понять ее сущность надо иметь представление о строении и свойствах исходных веществ и веществ, образующихся в ходе реакции. В основе формируемых знаний должно лежать понимание, отражение естественных взаимосвязей, существующих в природе. Что касается мира веществ, их взаимосвязь раскрывается через систему химических элементов – периодическую систему. Изучение периодического закона и периодической системы предполагает знание валентности элементов и важнейших классов неорганических соединений [124, с. 20].

Традиционно в методике обучения химии особое внимание уделяется валентности. Как отмечается в [78, с.27], формирование понятия «валентность» осуществляют на примерах водородных соединений неметаллов. За основу берется тот факт, что один атом водорода никогда не присоединяет более одного атома. Свойство атомов присоединять определенное число других атомов называют валентностью и выражают её числом, сравнивая с валентностью водорода, взятой за единицу. Поэтому кислород в воде H_2O двухвалентен, азот в аммиаке NH_3 трехвалентен, углерод в метане CH_4 четырехвалентен. При записи структурных формул черточками обозначают валентности атомов. Число черточек указывает на валентность атома в соединении. Используют также графические формулы. Отличие структурных от графических формул в том, что структурные формулы используют для

изображения связей, как например, в $\text{H}-\text{Cl}$ или $\text{H}-\text{O}-\text{H}$. А вот графическое изображение соединения $\text{Na}-\text{Cl}$ не является структурной формулой, так как между ионами связи нет [123].

Объяснение учащимся закономерности заполнения электронами электронных слоёв атомов элементов основано на единстве противоположностей, выражающееся в равном количестве протонов и электронов в нейтральном атоме. Также рассматривается преемственность атомной структуры соседних по периоду элементов [78, с.112]. Учащиеся сопоставляют количественные изменения в строении атомов элементов от Li до F с качественными и делают вывод о том, что количественные изменения (число электронов, образующих внешний электронный слой) переходят в качественные (характер свойств простого вещества и соединений, образованных элементами). Заряды ядер атомов (количественные изменения) возрастают монотонно, линейно. От Li до F металличность (качественная характеристика) постепенно сменяется неметаллическостью, потом следуют резкие скачки: смена типичного неметалла – галогена фтора (F) инертным элементом неоном (Ne), смена инертного элемента типичным щелочным металлом Na. Количественные изменения переходят в качественные скачкообразно. Скачки объясняются в первом случае (F – Ne) завершением одного электронного слоя, во втором случае (Ne – Na) – появлением нового электронного слоя. Ознакомление с электронными конфигурациями атомов элементов первых трёх периодов должно способствовать углублению знаний о строении электронных оболочек атомов и пониманию закономерностей изменения свойств элементов в группах и периодах периодической системы [78, с.114].

Учение о химической связи – это одна из центральных проблем химии, решение которой прошло ряд этапов в своём развитии от представлений о

наличии у атомов «петелек» и «крючочков», с помощью которых они соединяются, до знаний об электростатической природе химической связи. Учащимся рассказывают о том, что на основе экспериментальных сведений ученые создают модели, отражающие строение веществ, и высказывают предположения (гипотезы) о механизме образования химических связей. При изучении механизма образования химических связей используют составление моделей. Должна иметь место модель, демонстрирующая взаимодействие электронов между собой. Учащимся объясняют, что объединяться могут лишь два электрона; при этом энергия таких спаренных электронов характеризуется меньшим значением, чем сумма их энергий до объединения в одно облако. Спаривание электронов – процесс энергетически выгодный, при котором происходит выделение энергии. Эта энергия характеризует прочность химической связи [78, с.123].

Учебный предмет не может ограничиваться информационной функцией, в нем должна быть обеспечена деятельность учащихся по выполнению разного рода упражнений, применению знаний в различных ситуациях, иначе не будут достигаться развивающие цели обучения. Важным условием успешного формирования знаний являются самостоятельные работы учащихся. Это способствует развитию понятий и формированию методологических знаний. Так, например, применение полученных знаний об электронном строении атомов позволяет лучше усвоить особенности заполнения электронами электронных слоев и более глубоко разобраться в причине существования больших периодов.

При изучении периодической системы могут быть самостоятельные работы различного характера. В процессе поиска ответов на задания учащиеся выявляют связи между местом элемента в периодической системе и

особенностями строения атомов, между длиной периода и числом электронов, застраивающих электронные слои атомов.

В дидактическом плане сущность самостоятельной деятельности заключается не в том, что ученик работает без посторонней помощи учителя, а в том, что цель деятельности ученика несёт в себе одновременно и функцию управления этой деятельностью [85]. Интерес формируется в деятельности, и только в деятельности можно вырастить компетентного, квалифицированного специалиста [69].

Любые самостоятельные наблюдения должны быть целенаправлены. Целенаправленное наблюдение включает:

1. Цель
2. Оборудование
3. Способ употребления
4. Основные шаги, этапы наблюдения
5. Выводы
6. Оформление результатов

Для облегчения восприятия информации ее разделяют на части, или фрагменты. Поэтапное усвоение информации должно быть логически взаимосвязано. Разделение явления на компоненты, их поэтапное изучение, требует создания последовательного ряда взаимосвязанных образов – моделей. Дальнейшая обработка полученной информации с целью формирования общего целостного знания должны опираться на средства наглядности и на ранее полученные знания. В зависимости от подготовки учащихся, перед ними будут поставлены вопросы, требующие ответа на основе активного применения знаний в той или иной степени самостоятельных обобщений [125].

Применение самостоятельной работы учащихся с использованием таблиц со справочными сведениями о величинах атомных радиусов и об энергии ионизации при рассмотрении материала о физической сущности периодического закона и периодической системы позволяет более глубоко познать причину совпадения периодического изменения электронного строения атомов и периодического изменения свойств элементов.

При формировании понятия о скорости химических реакций и химического равновесия положительный эффект даёт демонстрация средств наглядности в следующей последовательности: химический эксперимент - модели - таблицы. В процессе усвоения наиболее трудных вопросов темы особое значение играют модели [89].

Процесс познания сопровождается моделированием явлений, объектов, процессов. Роль моделирования особенно велика, если признать, что отражение внешнего мира сознанием и формирование представлений о нем само по себе уже есть модель. Поэтому сумму наших субъективных представлений о мире можно назвать мысленной моделью мира. Модель создает язык общения, который, опредмечивая содержание объекта исследования, позволяет выявить его сущность [36].

Значение моделей и частоту использования моделей в процессе обучения можно оценить, проведя анализ содержания курса химии 8-11 классов. Результаты обзора, сделанного по программе курса химии для 8-11 классов средней общеобразовательной школы представлены в таблице 1.1.

Таблица 1.1

Обзор содержания курса химии 8-11 классов

Класс	N, Тема, (общее кол-во часов)	К-во уроков	Изучаемые и моделируемые объекты, явления, процессы	Проблемы моделирования
8	6.Периодический закон и Периодическая система химических элементов Д. И. Менделеева (15часов)	10	Распределение электронов в атомах элементов первых четырех периодов. Группы и подгруппы химических элементов.	Изображение электронов и их расположение в электронных оболочках. Влияние электронного строения атомов на химические свойства веществ.
8	7.Химическая связь. (9 - 10часов)	6	Электроотрицательности атомов химических элементов. Полярная и неполярная связь. Ионная связь. Степень окисления. Взаимодействие хлора, йода с металлами.	Демонстрация электроотрицательности атомов химических элементов.
9	Повторение 8-го класса	3	Обобщение знаний по курсу 8-го класса.	Демонстрация расположения электронов в оболочках.
9	1.Электролитическая диссоциация (12 ч.)	10	Электролитическая диссоциация веществ с ионной и полярной ковалентной связью.	Демонстрация и изображение процессов.
9	2.Подгруппа кислорода (7ч.)	4	Строение атомов подгруппы кислорода. Понятие аллотропии. Взаимодействие серы с водородом и кислородом. Серная кислота.	Изображение строения электронных оболочек.
9	3.Производство серной кислоты (7ч.)	1	Строение молекулы серной кислоты.	Электронное строение молекулы. Различие в связях S=O и S-OH.
9	4. Подгруппа Азота (14 -17	4	Положение химических элементов подгруппы в	Влияние симметрии распределения

	часов)		П.С.Х.Э.* Строение их атомов. Аммиак. Образование аммония.	электронов в молекуле на ее химические свойства .
9	5. Подгруппа углерода (7ч.)	3	Положение химических элементов подгруппы в П.С.Х.Э.* Строение их атомов. Аллотропия углерода. Оксиды углерода.	Симметрия распределения электронов в атоме и молекулах.
9	6. Общие свойства металлов (3ч.)	2	Положение химических элементов подгруппы в П.С.Х.Э.* Строение их атомов.	Влияние положения электронов в атоме на химические свойства вещества.
9	7. Металлы главных подгрупп 1 и 3 группы (4-6ч.)	1-2	Взаимодействие кальция с водой. Реакции на концентрации ионов кальция и бария.	Демонстрация электронного строения ионов.
9	10. Обобщение знаний по курсу неорганической химии (4ч.)	2	Периодический закон. Строение вещества.	Демонстрация электронного строения различных атомов и веществ.
10	Повторение Периодического закона и П.С.Х.Э. Д.И. Менделеева в свете учения о строении атома.		Атомарное строение вещества. Электронное строение атома. Строение электронных оболочек.	Влияние распределения электронов в атоме на химические свойства вещества.
10	Теория химического строения органических соединений. Электронная природа химических связей (15ч.).	10	Порядок соединения и взаимного влияния атомов в молекуле. Изомерия. Распределение электронов в атомах элементов малых периодов.	Форма и структура электронных оболочек. Причина образования различных видов связей. Образование валентных углов.

10	2. Предельные углеводороды (7ч.)	5	Характер химических связей и гомологический ряд метана. Пространственное строение предельных углеводородов. Изомеризация. Взаимные влияния атомов в молекулах галогенопроизводных углеводородах.	Пространственное строение молекулярных оболочек. Объяснение причин образования определённых валентных углов в молекулах. Изготовление моделей молекул, отражающих электронное строение.
10	3. Непредельные углеводороды (7-9 ч.)	7	Этилен. Двойная связь. Гомологический ряд этанола. Ацетилен. Тройная связь. Гомологический ряд ацетилена.	Моделирование процессов: горения (окисления), присоединения водорода и галогенов, полимеризации.
10	4. Ароматические углеводороды (4-5ч.)	3	Электронное строение молекулы бензола. Химические реакции замещения и присоединения.	Планарное строение молекул (образование электронами параллельных плоскостей).
10	6. Спирты и фенолы (6-7ч.)	3	Строение предельных одноатомных спиртов. Функциональная группа, ее электронное строение. Строение фенолов.	Наглядные модели, иллюстрирующие электронное строение молекул спиртов, фенолов.
10	Повторение		Строение и свойства органических веществ, изученных классов.	Электронное строение молекул органических веществ.
11	10. Амины (5ч.)	1	Молекула аммиака.	Электронное строение молекулы.
11	13. Обобщение знаний по курсу органической химии (2ч.)		Общие закономерности образования связей, их особенности и отличия.	Электронное строение молекул органических веществ.
11	Основы Общей химии. 2.	4	Строение электронных оболочек атомов элементов малых	Изображение электронных оболочек атомов элементов

	Периодический закон и П.С.Х.Э. Д. И. Менделеева на основе учения о строении атомов (4ч.)		периодов. Особенности строения атомов химических элементов больших периодов. Периодическое изменение валентности и размеров атомов. Оксиды и водородные соединения.	малых и больших периодов. Строение электронных оболочек сложных атомов. Влияние электронного строения атомов на химические свойства веществ.
11	3. Строение вещества (7ч.)	4	Химические связи: ионные, ковалентные, металлические и водородные. Донорно-акцепторный механизм образования ковалентной связи. Характеристики химических связей: длина, энергия. Пространственное строение молекулярных веществ.	Демонстрация образования электронных оболочек химических соединений с различными видами связей. Влияние электронного строения на химические свойства веществ.
11	5. Металлы (8ч.)	2	Положение металлов в П.С.Х.Э. Д.И. Менделеева. Особенности электронного строения их атомов.	Особенности строения электронных оболочек металлов. Особенности металлической связи.
11	6. Неметаллы (8ч.)	6	Строение простых веществ (неметаллов, водородные соединения неметаллов, оксиды, кислоты)	Строение электронных оболочек соединений с различными видами химических связей.

* - П.С.Х.Э.- сокращенно «Периодической системе химических элементов»

Изучая сведённый в таблицу учебный материал, можно сделать вывод, что модели используются практически непрерывно на протяжении всего курса химии. При изучении Периодического закона и Периодической системы химических элементов Д. И. Менделеева необходима демонстрация моделей устойчивых электронных оболочек, которые определяют вид таблицы химических элементов. При изучении химических связей также необходимы простые образы взаимодействия атомов с образованием общей молекулярной

оболочки. Каждое явление – захват электрона ионом или атомом, образование связей должно сопровождаться наглядным образом, а не только символьным обозначением смещения электронной плотности или рисованием стрелочек в квадратиках, обозначающих «распаривание электронных пар».

1.2. Моделирование как метод научного исследования и его роль при формировании целостного знания о строении вещества.

Моделирование - это метод познания интересующих нас качеств объекта через модели. Это действия с моделями, позволяющие исследовать отдельные, интересующие нас качества, стороны или свойства объекта или прототипа [34].

Под моделью понимают отображение фактов, вещей и отношений определенной области знаний в виде более простой, более наглядной материальной структуры этой или другой области [44].

Штофф В. А. [138] определял модель как мысленно представляемую или материально реализованную систему, которая, отображая или воспроизводя объект исследования, способна замещать его так, что ее изучение дает нам новую информацию об объекте.

Моделью мы будем называть любую систему, мысленно представляемую или реально существующую, которая находится в определенных отношениях к другой системе (называемой обычно оригиналом, объектом или натурой) так, что при этом выполняются следующие условия:

1. Между моделью и оригиналом имеется отношение сходства, форма которого явно выражена и точно зафиксирована (условие отражения или уточненной аналогии).

2. Модель в процессах научного познания является заместителем изучаемого объекта (условие репрезентации).

3. Изучение модели позволяет получать информацию (сведения) об оригинале (условие экстраполяции).

Возможность обоснованных экстраполяций превращает моделирование в научный метод, сознательно (целенаправленно) применяемый в

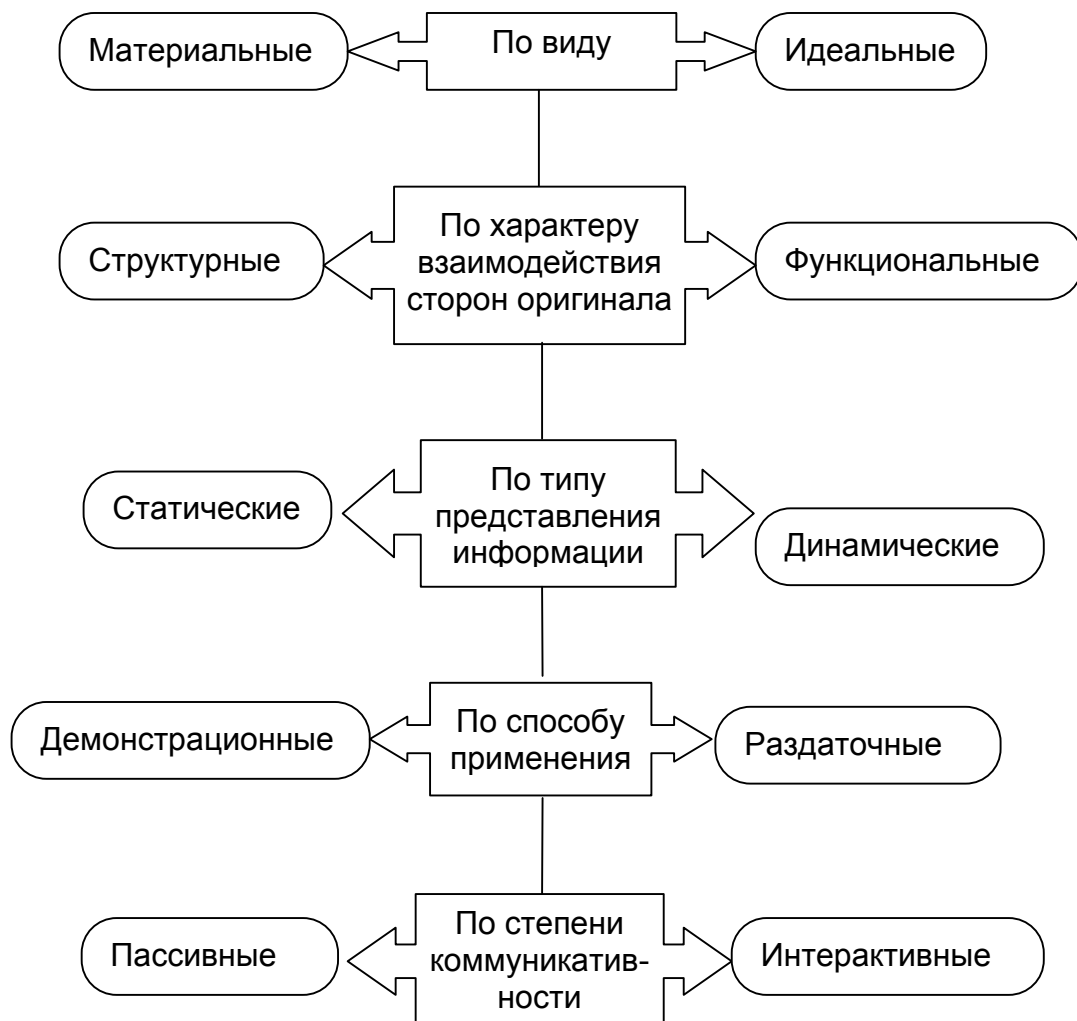
исследовании. Метод моделирования - это особая форма научного исследования [137].

Модель - это своеобразный “сплав” наглядности и понятия [33].

Модели определяются как учебно-наглядные изобразительные пособия, искусственно воспроизводящие натуральные объекты и передающие их структуру, существенные свойства, связи и отношения. При этом допускается условность в передаче свойств оригинала (объектов макро- и микромира): уменьшение или увеличение размера, схематизация в передаче строения объектов, условность окраски и т.д. [73]. Общая классификация моделей приведена на схеме 1.1.

Схема 1. 1

Классификация моделей

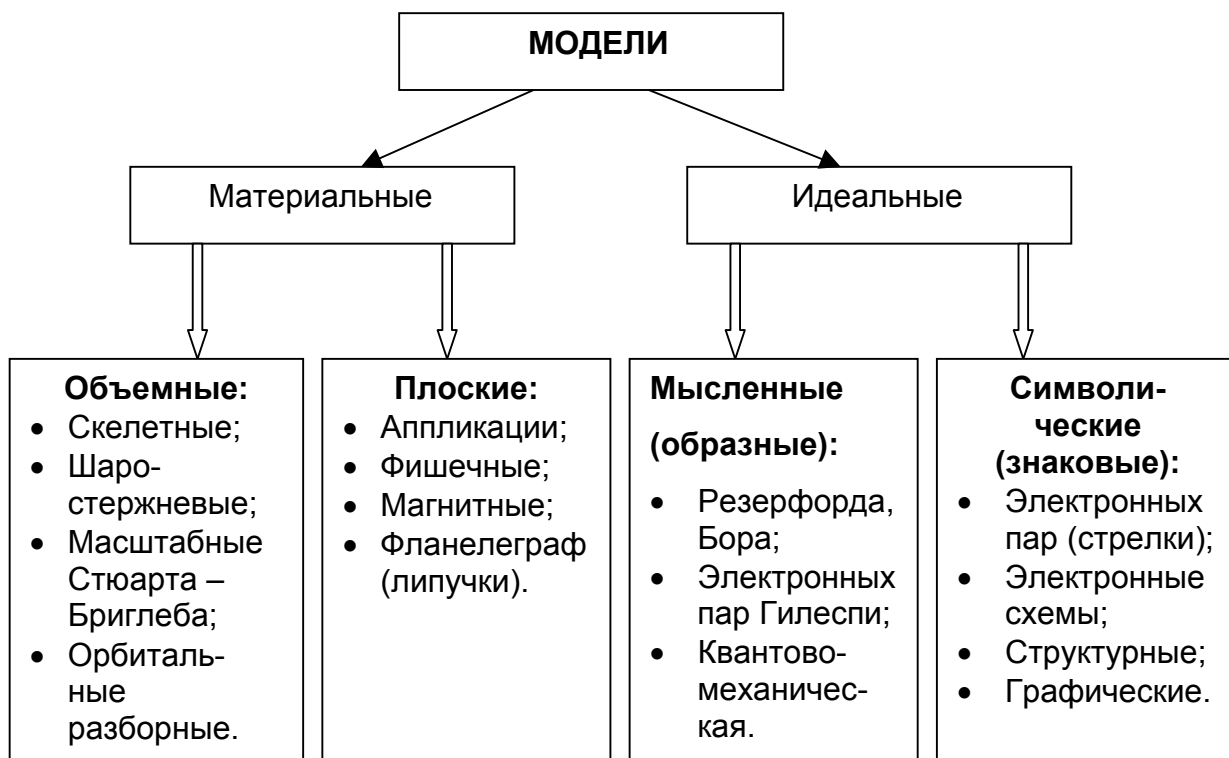


По характеру взаимодействия сторон оригинала модели могут быть разделены на структурные, показывающие внутреннюю организацию объекта, и функциональные, демонстрирующие принцип функционирования моделируемого объекта. По способу применения модели делят на демонстрационные и раздаточные.

По способу замены оригинала модели подразделяют на материальные и идеальные, которые в свою очередь, разделяются согласно доминантным свойствам на группы (виды), показанные на схеме 1.2.

Схема 1.2.

Виды моделей



По способу замены оригинала модели делятся на материальные и идеальные. Материальные (предметные) модели делятся на объемные и плоские (схематические). Идеальные или теоретические модели - это мысленные, знаковые или символические модели. Мысленные модели фиксируются с помощью языка, знаковых средств, чертежей, рисунков и других

материальных средств выражения. Но от этого мысленные модели не становятся материальными, так как все операции над ними, все преобразования в них и изменения осуществляются субъектом. Необходимость наглядных моделей столь велика, что некоторые учителя изготавливают наглядные модели для отображения электронных формул. Смещение электронов от одного атома к другому изображается перемещением по магнитной доске кружочка с изображением точки (электрона) от значка одного атома к другому [107]. С этими же целями использовался фланелеграф [87].

Аналогичные самодельные модели предлагались и без привлечения магнитной доски в виде коробочки с разноцветными фишками, обозначающими электроны, кругами, окрашенными в различные цвета, обозначающими атомы различных веществ и ионов, а также вспомогательные элементы – полоски бумаги с нанесенными на них знаками «+», «=» и стрелки [66].

Для динамического моделирования различных видов химической связи и демонстрации электронного строения атомов химических элементов малых периодов предлагался набор из цветных пластмассовых фигур, изображающих различные виды электронных облаков, полусфер, обозначающих атомы, или ионы, и стерженьков на магнитной основе. Передвигая и закрепляя фигуры на магнитной доске, демонстрировалась динамика образования химических связей и электронное строение атомов [66].

Вышеперечисленные и подобные им наглядные пособия эквивалентны рисованию электронных схем на доске. Изменения заключаются в том, что модели, оставаясь знаковыми, приобретают некоторые черты материальности – становятся осязаемыми и динамичными. При этом дидактические возможности моделей повышаются незначительно, так как не изменяется их информационная ёмкость.

Дидактические свойства различных видов используемых в школе моделей сведены в таблицу 1.2.

Таблица 1. 2

Дидактические свойства различных видов моделей

№	Модели	Дидактические свойства	Примечания
1.	Материальные объемные		
1.1	Скелетные	Демонстрация углов и направлений связей в молекулах и кристаллах; вращения вокруг линии связи	Актуальная модель
1.2	Шаро-стержневые	Взаиморасположение атомов в молекулах и кристаллах, направление связей и масштабное выделение атомов различных элементов в соединениях	Активно используемая модель
1.3	Масштабные	Масштабное изображение форм молекул и пропорций ковалентных и ионных радиусов, демонстрация различных конформаций молекул	Актуальная модель
1.4	Орбиталей из надувных шаров	Моделируют взаиморасположение и направленность электронных орбиталей в атоме и молекулах	Материальные модели орбиталей (Полосин В. С.)
1.5	Электронных пар Р. Гиллеспи	Изображение электронных пар на каждой орбитали (электроны с противоположными знаками спин)	Материал произвольный (Бердоносов С. С.)
1.6	Орбиталей вида s- и p-разборные	Демонстрация форм и пространственной направленности орбиталей в «сигма» и «пи» связях	Разные исполнения: проволока, орг-стекло, пенопласт
1.7	Форм орбиталей механические	Демонстрация различных форм электронных орбиталей с помощью устройства для вращения деталей	Демонстрация одной орбитали (Булавин Ю. И.)
1.8	Электронов магнитные (кольцевые магниты)	Моделируются взаимодействия и примерные размеры электронов на первых двух s-орбиталях, а также их контакт в атомах и молекулах	Первая модель электрона в виде кольцевого магнита (А. И. Шпак)
2.	Материальные плоские		
2.1	Аппликации	Представляют схему распределения электронов	Электроны в виде кружочков
2.2	Фишечные	Представляют схему распределения и переходов электронов	Электроны обозначаются фишками
2.3	Магнитные карточки	Изображают распределение и процессы переходов электронов	Карточки на магнитной основе
3.	Идеальные мысленные		
3.1	Модель Томсона	Изображение электронов в атоме в виде «изюма в булке»	Историческая модель
3.2	Резерфорда, Бора	Планетарная модель Резерфорда	Сопровождается постулатами Бора
3.3	Электронных пар Гиллеспи	Изображение электронов парами на каждой орбитали из электронов с противоположными знаками спин	Простая модель не отражает различий орбиталей

№	Модели	Дидактические свойства	Примечания
3.4	Молекулярных орбиталей	Изображение орбиталей в виде шара, объемной восьмерки	Обилие разных форм и их гибридов
4.	Идеальные символические		
4.1.	Электронные схемы	Схематическое распределение электронов в атомах	Структурные и графические
4.2	Электронных пар	Изображение электронов с противоположными знаками спин парами стрелок в квадратах	Обозначение электронов в виде стрелок или точек

Модель вызывает ассоциации с уже известным материалом, но объясняет новый или более широкий круг явлений. Поскольку метод аналогий - один из основных, элементов познания, то могут быть применены “модели - аналогии”, позволяющие провести аналогии с ранее полученными знаниями. Модели естественно являются схематизацией реального процесса или объекта. Особенное значение имеет применение моделей при изучении процессов, которые невозможно наблюдать из-за большой разницы временных или пространственных масштабов. Часто они необходимы и в тех случаях, когда изучается процесс одного пространственного и временного масштаба с субъектом обучения (учеником). Например, в разделе механики изучение сложного движения (полет вращающегося мяча в воздухе) требует для рассмотрения нескольких моделей: - модели вращающейся полый сферы с массой, распределенной по поверхности, модели поступательно движущегося точечного объекта, и моделей газодинамического вихря различных уровней сложности в зависимости от необходимой степени точности решения задачи. Все эти типы моделей являются абстрактными идеальными моделями, лишь приблизительно описывающими реальный процесс. Несмотря на то, что процесс доступен для непосредственного наблюдения и может быть повторен в реальном временном и пространственном масштабе, модели этого процесса оказываются сложными и нуждаются в четких методических рекомендациях, что обеспечивает их взаимосвязь и отсутствие между ними противоречий.

Часто одного принципа суперпозиции, то есть простого наложения одного на другое различных компонентов движения, характеризующихся различными моделями, оказывается недостаточно. Поэтому проблемы моделирования существуют даже для тех явлений, которые можно показать живьем, или “в полный рост”.

При моделировании процессов, которые невозможно наблюдать из-за большой разницы временных или пространственных масштабов, (очень быстрых или медленных, а также очень больших или очень малых размеров), проблема подбора модели еще более усложняется. Модель оказывается единственным объектом, который является носителем информации о процессе или явлении. В такой ситуации большое значение отводится модельному эксперименту. Модельный эксперимент - это особая форма эксперимента, для которой характерно использование действующих материальных моделей в качестве специальных средств экспериментального исследования [137]. К модельному эксперименту, в котором вместо самого объекта изучается замещающая его модель, прибегают в случаях, когда объект исследования недоступен наглядному созерцанию, как объект микромира. Поэтому проблема моделирования особенно актуальна в естественных науках. В физике и химии - это проблема моделирования микрообъектов, то есть атомов и молекул. Современная энтроскопия позволяет различать атомы, но даже с использованием лучшего микроскопа атом или мелкая молекула видны как точки. Косвенные исследования дают много информации. Однако объединить все результаты в систему, используя какую-либо одну модель, не удастся.

Используется много типов моделей. Условно их можно разделить на два класса: класс материальных (объемных геометрических моделей) и класс мысленных (идеальных моделей), к которым можно отнести словесные и математические описания. Для описания реального процесса требуется

минимум по одной модели из каждого класса. В идеальном случае из первого класса должно быть несколько моделей различных типов, воздействующих на различные органы чувств. Такое требование наглядности восходит еще к временам Яна Амоса Коменского и провозглашено им в «Великой дидактике»: «Пусть будет для учащихся золотым правилом: все, что только можно представлять для восприятия чувствами, а именно: видимое для восприятия зрением, слышимое - слухом, подлежащее вкусу – вкусом, доступное осязанию – осязанием. Если же какие-либо предметы сразу можно воспринять несколькими чувствами, пусть они сразу несколькими чувствами преподносятся».

Многолетний опыт и специальные психолого-педагогические исследования показали, что эффективность обучения и воспитания зависит от степени привлечения к восприятию всех органов чувств человека. Чем более разнообразно чувственное восприятие материала, тем более прочно он усваивается. Эта закономерность уже давно нашла своё выражение в дидактическом принципе наглядности, в обоснование которого внесли существенный вклад Я. А. Коменский, И. Г. Песталоцци, К. Д. Ушинский, а в наше время Л. В. Занков [83, с. 56].

На основе синтеза ощущений должно формироваться представление об изучаемом предмете или явлении. К осуществлению такой идеальной ситуации никто пока и не стремится. Тем более, что в соответствии с современной теорией нейро-лингвистического программирования люди различаются по способам получения, обработки и хранения информации. Зрение, слух и кинестетические чувства – это три основных входных канала, формирующих соответственно три основные системы восприятия – визуальную (зрительную), аудиальную (слуховую) и кинестетическую (моторную), через которые можно получить сведения об окружающей действительности. Остальные сенсорные

каналы – обоняние и вкус, по-видимому, представляют собой редко применяемые способы получения информации о мире. При создании внутреннего образа свертывание содержания осуществляется благодаря информации, поступающей по всем каналам восприятия, что положительно влияет на качество усвоения материала. «Пропускная способность» органов чувств различна. Так, например, зрительные рецепторы воспринимают поток информации плотностью около 3 млн. бит/с., информация, воспринимаемая человеческим ухом, оценивается в 5 – 20 тыс. бит/с. То есть пропускная способность визуального канала в сотни раз больше, чем у аудиального. Информация воспринимается также осязанием (200 тыс. бит/с.), обонянием (10-100 бит/с.), вкусом (около 10 бит/с.). Источников информации должно быть несколько, иными словами, эффективное преподавание должно быть полимодальным, и тогда каждый обучаемый сможет воспользоваться учебной информацией [99].

Наибольший объем информации человек получает с помощью зрения, существенно меньше осязанием и ещё меньше с помощью слуха. Поэтому в первую очередь должны быть представлены «очевидные» модели, предпочтительнее, чтобы они были также осязаемые, то есть материальные. В этом случае наглядность моделей выше. Здесь под наглядностью модели понимается чувственная воспринимаемость того объекта, который выступает в качестве модели [71]. К признакам наглядности могут быть отнесены: доступность восприятия (для понимания); достоверность формируемых образов (через моделирование или аутентичность); визуализация основных понятий (как возможность показа, демонстрации, презентации объекта или явления, его отдельных сторон, признаков). Процесс визуализации информации позволяет свертывать содержание, фиксированное в разных формах (визуальной, аудиальной, кинестетической), в ёмкий, наглядный образ,

который может быть развернут в каждый момент и использован в качестве основы для адекватных действий, мыслительных или практических [99].

Наиболее эффективной для дидактических целей является опора на различные анализаторы коры головного мозга, то есть комплексное использование различных видов и форм наглядности. Наглядность в обучении есть отображение явлений реального мира в виде дидактического образа, формируемого (или моделируемого) с помощью средств обучения [73].

Моделей одного и того же явления может быть несколько, и они могут быть разного уровня сложности. Они могут моделировать одно или несколько свойств, признаков. Обучающие модели должны соответствовать особенностям содержания и специфике восприятия учащихся, то есть должны выполнять дидактические функции. Обучающие модели, как и исследовательские должны быть информативными, то есть их использование должно создавать образ, насыщенный информацией, необходимой и достаточной для формирования понятия о моделируемом объекте. В то же время информативная (научная) насыщенность обучающих моделей не должна конфликтовать с их приспособленностью к специфике учебного процесса. Очевидно, что обучающие модели принципиально отличаются от исследовательских. Исследовательские модели могут и не быть совместимыми между собой. Это объясняется тем, что открытия часто совершаются эвристическим методом и им могут сопутствовать иррациональные модели, не имеющие объяснения способа их образования. Они могут быть получены в момент “просветления”, “божественного откровения” или “интуитивно”. А выявление внутренних взаимосвязей между различными моделями требует иногда долгой и сложной работы.

В отличие от исследовательских обучающие модели одного объекта или явления не должны входить в противоречие с мировыми закономерностями и

должны быть совместимыми между собой. Под совместимостью понимается такое взаимоотношение моделей, при котором имеется возможность замены одной модели другою без ущерба для общей научной картины изучаемого явления. Использование совместимой модели, вместо рекомендованной приводит не к противоречиям, а либо к усложнению способа объяснения, либо, в крайнем случае, к потере моделируемой стороны объекта. Совместимые модели при их взаимозаменяемости являются скорее комплементарными, чем тождественными.

В целом появление различных моделей объясняется разным уровнем сложности моделируемых явлений и различными областями их применения. Поэтому границы применения различных моделей обязательно должны пересекаться. То есть нельзя использовать одну модель, а затем сразу другую, несовместимую с первой. Обязательно должна быть область пересечения, в которой возможно применение как минимум двух моделей. В идеальном случае любая сложная модель должна быть совместимой с любой более простой моделью, отличаясь лишь диапазоном использования. Иначе процесс обучения и усвоения знаний о реальном объекте или явлении рискует перейти в область изучения особенностей самих моделей и их взаимоотношений в различных условиях.

Иллюстрацией данного положения может служить пример того, что произошло в физике, когда квантовая физика, придя на смену классической, стала работать с моделями чисто математическими, мысленными, не подкрепленными материальными, наглядными моделями. «Потеря наглядности и трудность сочетания в новом синтезе противоположных сторон вновь открытых явлений доводят физиков и философов до отказа от признания реальности самих явлений, а заодно и объективного существования внешнего мира, помимо нашего сознания» – писал академик А. Ф. Иоффе. В итоге в

квантовой физике используется величина, квадрат которой характеризует плотность вероятности нахождения всего электрона в точке. Это высокая степень абстракции. Точкой можно что - либо обозначать, не рассматривая внутреннюю структуру объекта. Говорить о физическом смысле и объяснении проявляемых свойств с помощью такой модели не представляется возможным. Точка - это не физическая модель, - это лишь способ статистического или математического описания некоторого неопределенного объекта, каким и остается на сегодняшний день электрон в отсутствии физической и геометрической модели. Из-за этого во второй половине 20 века появилось большое число авторов, специализирующихся в разных областях наук, которые утверждают, что физика как наука развивается в тупиковом направлении, переходя в область абстрактного искусства, доступного не всем. На вопрос, что такое электрон, часто дается ответ, что это не реальный объект, а система дифференциальных уравнений. Достижения квантовой механики огромны. Матричное исчисление волновых уравнений позволяет рассчитывать спектры и их тонкое расщепление. Эти расчеты совпадают с экспериментом. Для этих расчетов специалистам не требуются ни физическая, ни геометрическая модели. Но это не значит, что модели не нужны. Квантовая химия представляет собой только правильную расчетную схему, но не дает ответа на типичные вопросы, которыми задается химик. Химические системы настолько сложны, что в будущем придется прибегать к упрощениям и приближительным методам, лишь предваряющим собственно химическую проблематику в форме моделей. Ни одна сформировавшаяся наука – это относится и к химии – не обходится без использования моделей и идеализаций [101]. Мышление человека на любом этапе его развития, не может не опираться на образы, на те или иные наглядные моменты, которые служат мышлению как бы определенными ориентирами в его движении. Без этих наглядных моментов, полученных в

опыте и с помощью моделей, наше подсознание, какой бы степени абстракции оно не достигло, не могло бы двигаться вперед [71].

Модели необходимы для формирования целостного знания о строении вещества. Поэтому постоянно актуальной проблемой является создание учебных моделей, соответствующих современным научным представлениям, и обладающих дидактическими свойствами. Этой проблемой методисты занимаются постоянно на протяжении совершенствования научных моделей. Например, А. И. Шпак [135] предлагал в восьмом классе в виде первой модели использовать электрон, рассматривая его расположение в пространстве, форму электронного облака. Предлагалось 12 моделей атомов в невозбужденном состоянии, из них – 10 моделей атомов элементов 1 и 2 периодов и две модели элементов 3 периода (натрия и хлора). Они должны обеспечить весь курс школьной химии особым видом эксперимента (воображаемого) и особым видом наглядности, взаимосвязывающих теоретические понятия о структуре атомов с чувственным наблюдением веществ. Эти модели должны ускорять восприятие материала о структуре атомов, позволяя видеть изменение не только электронной конфигурации атомов в периодах и группах, но и изменение радиусов в них. Кроме того, предлагался набор кольцевых магнитов, обеспечивающих показ электромагнитных взаимодействий электронов первых шести элементов. Предлагались к использованию объёмные модели молекул следующих веществ: водорода, фтора, кислорода, азота, фтористого водорода, хлористого водорода, воды, аммиака, метана и хлористого натрия (в парах). По мнению автора, этих моделей достаточно, чтобы дать наглядные представления о ковалентных и ионных связях в химических соединениях. Разработаны также были объёмные модели кристаллических решёток алмаза, йода, поваренной соли и металлического натрия. Они отражают примерные размеры частиц по

отношению друг к другу, расстояния между ними, контакт в молекулах, форму молекул и атомов. Перечисленные выше модели призваны создать неразрывную цепь моделей атомов, молекул, кристаллических решёток, начиная с модели одного электрона [135]. Логическим завершением такой работы было бы создание моделей этих же объектов из моделей электронов, поскольку именно электроны определяют формы молекул и кристаллов. Но такой модели пока не представлено из-за сложности расположения электронного облака в поле действия ядер атомов. Предложен был лишь набор из кольцевых магнитов, обеспечивающих показ электромагнитных взаимодействий электронов в первых шести элементах, что позволяет осуществлять моделирование атомов из электронов только до атома углерода. В свободном атоме углерода расположение электронов – колец возможно в параллельных плоскостях в виде стопки колец, в центре которой находится ядро. При этом в каждой симметрично расположенной относительно ядра паре колец - электронов, вектора спин антипараллельны.

В.С. Полосин для изложения вопроса о направленности электронных облаков в пространстве использовал модели из мячей и надувных шаров, а также разборные модели s- и p- орбиталей, выполненные из проволоки, окрашенной в различные цвета. По результатам работы со школьниками им сделан вывод [88], что при изучении явлений микромира нельзя ограничиваться только одним видом наглядных пособий, необходимо применять комплекс различных моделей и других средств наглядности.

Для лучшего усвоения учащимися материала о строении атомов и молекул С. Н. Дроздов рекомендовал использовать модели, изготовленные из мягкой медной или алюминиевой проволоки. С помощью изготовленного самими учащимися «проволочного остова тетраэдрической модели в виде петель, похожих на английские булавки» [40], предлагалось показывать

строение наружной оболочки атомов инертных газов, галогенов, кислорода, азота, углерода, кремния, а также состав и строение молекул галогеноводородов, воды, аммиака, метана, кремниеводорода, ионов гидроксония и аммония, а также пространственную направленность сигма связей.

Ю. И. Булавин предлагал: «использовать механические и электрические устройства для приведения во вращение деталей, воспроизводящих различные формы электронных облаков» [12]. Из-за сложности такого оборудования и ограниченных возможностей такие модели не стали широко использоваться – для рассмотрения механизма образования связей необходимо рассматривать взаимодействия и изменения форм электронных облаков, приводящих к определенным формам молекул, а с помощью механически вращающихся деталей это представляется затруднительным.

С. С. Бердоносков [8] констатировал, что подход к объяснению строения даже простейших молекул (CH_4 , NH_3 , H_2O и др.), который традиционно используют в средней школе, мало нагляден и весьма сложен, основан на целом ряде искусственных допущений. Неудивительно поэтому, что добиться его понимания всеми учащимися в классе довольно трудно.

Рассмотрим, например, как обычно на уроках химии объясняют строение молекулы такого широко распространенного вещества, как метан CH_4 . Экспериментально давно установлено, что строение этой молекулы тетраэдрическое. Из шести электронов атома углерода два находятся на первом энергетическом уровне; они прочно связаны с ядром атома и не участвуют в образовании химических связей атома углерода с атомами водорода. Оставшиеся четыре электрона атома углерода – это так называемые валентные электроны. Они находятся на втором энергетическом уровне и размещаются на s- и p-орбиталях. На s- орбитали находятся два электрона с

противоположно направленными спинами, а на р-орбиталях в соответствии с правилом Хунда – два электрона два электрона с одинаковыми спинами. Учащимся также сообщают, что формы s- и р-облаков различны. Теперь, когда все это учащиеся запомнили, им нужно понять, почему же в молекуле метана все связи C–H одинаковы и направлены от центра атома углерода к вершинам тетраэдра. Таким образом, «начинается целая цепочка допущений: сначала принимают, что два спаренных электрона второго уровня, во-первых, распариваются; во-вторых, один из электронов переходит с s-подуровня на р – подуровень, который обладает большей энергией. Оба этих процесса, как сообщают учащимся идут с затратой энергии. Таким образом, валентными являются один s– электрон и три р- электрона. Формы s- и р – электронных облаков различны, а объяснить реальное строение молекулы метана можно лишь из предположения, что все они одинаковы. Выдвигается новое (по-моему, наиболее сложное для понимания учащимися) допущение: все четыре валентные электрона возбужденного атома углерода образуют новые, так называемые гибридные (смешанные) орбитали. Далее принимают, что четыре гибридные sp^3 – орбитали направлены в пространстве к вершинам тетраэдра» [8, с. 16].

В своей работе С. С. Бердоносов пишет: «Полагаю, что приведенное выше объяснение слишком условно и весьма сложно. А нет ли более простого? Оказывается, есть. Американские исследователи Р. Нейхолл и Р. Гиллеспи в 1957 году предложили модель, позволяющую объяснять строение молекул без использования понятия о гибридизации. Р. Гиллеспи написал несколько научных статей, посвященных этой модели и ее использованию при проведении занятий, особенно на начальных стадиях изучения химии. На русский язык переведена его книга «Геометрия молекул». Согласно модели Гиллеспи электроны расположены по оболочкам и орбиталям с учетом

принципа Паули и правила Хунда, но при этом принимают, что никаких s-, p- и других подуровней нет. Согласно модели Гиллеспи, электроны, расположенные на одной орбитали и имеющие противоположные знаки спин, взаимного отталкивания не испытывают. Все связывающие электронные пары расположены на одинаковом расстоянии от ядра. Так как электроны испытывают взаимное отталкивание, то электронные пары располагаются на максимально возможном при данном расстоянии от ядра удалении друг от друга. Принцип минимального отталкивания электронных пар - важнейший в представлениях Гиллеспи, его легко объяснить учащимся» [8, с. 17].

С помощью модели Гиллеспи можно объяснить строение не только молекул бинарных соединений с простыми связями, но и веществ значительно более сложного состава, имеющих двойные и тройные связи. Нужно отметить, что двойную связь в рамках представления Гиллеспи рассматривают как образованную двумя связывающими электронными парами (никаких понятий о σ - и π - связях при этом не вводят).

Подход Гиллеспи может быть использован для объяснения и предсказания строения значительно более сложных молекул. Разумеется, у него есть и ограничения и недостатки. Например, трудно сформулировать общее правило, по которому можно заранее предсказать число электронных пар на оболочке атома. Однако на начальных этапах изучения химии целесообразно использовать то приближение, которое достаточно просто и наглядно, и в то же время позволяет с достаточной степенью достоверности предсказывать строение молекул. И здесь преимущества представлений Гиллеспи очевидны [8, с. 20–21].

Наиболее прочно усваивается информация, получаемая на основании самостоятельного наблюдения или исследования. Поэтому в педагогическом процессе предпочтение должно отдаваться таким моделям, которые позволяют

вовлечь обучаемых в самостоятельную познавательную деятельность. Самостоятельная работа - это форма проявления соответствующей деятельности памяти, мышления, творческого воображения при выполнении учеником учебного задания, которое, в конечном счете, приводит его либо к получению совершенно нового, ранее неизвестного ему знания, либо к углублению и расширению сферы действия уже полученных знаний [85]. Моделирование тоже может быть одним из видов самостоятельной работы. Например, моделирование химических соединений с заранее заданными свойствами или установление геометрических форм молекул по их структурным формулам с оценкой их возможных химических свойств. Для таких работ требуются специализированные наборы для моделирования атомов и молекул, использующиеся в качестве раздаточных. В таком виде моделирование является методом научного исследования.

1.3. Традиционные модели атомов и молекул, используемые в преподавании естественнонаучных дисциплин.

Программа по химии для средней школы предусматривает использование в учебном процессе масштабных и шаро-стержневых моделей молекул, динамических и статических моделей химических производств. Использованию моделей на уроках химии посвящен ряд работ методистов – химиков [8, 9, 10, 12, 20, 23, 36, 37, 39, 40, 43, 55, 57, 70, 71, 72, 73, 79, 85, 88, 107, 132, 133, 138].

Структурные формулы веществ, с которыми учащиеся начинают знакомиться уже на первоначальном этапе изучения химии, отражают лишь последовательность соединения атомов в молекуле. Понятие о пространственном расположении атомов в молекуле может быть сформировано на основе шаро-стержневых моделей, показывающих размеры углов и направления связей. В школьном курсе химии в качестве материальных моделей используются наборы атомов со стержнями для составления моделей молекул. Также атомы изображаются в виде шариков со стержнями в комплектах кристаллических решеток алмаза, графита, поваренной соли, оксида углерода, магния, меди, йода, льда. Они хорошо передают взаимное расположение атомов и направление связей, но, к сожалению, создают совершенно неправильное представление о заполнении пространства «внутри» молекул. Может возникнуть представление, что органическая молекула или кристаллическая решетка напоминает ажурный каркас, что между атомами существует большое незаполненное пространство. В действительности это не так. В ионных кристаллах ионы расположены по принципу плотнейшей упаковки, а в соединениях с ковалентной связью электронные орбитали перекрываются друг с другом [55, с. 55]. Объемные (масштабные) модели дополняют представление учащихся о размерах и различной форме атомов,

сплюснутых в результате взаимодействия электронных оболочек, а также знакомят школьников с формой молекулы в целом [28]. В качестве раздаточных используются наборы для составления объемных моделей молекул (по Стюарту) [84]. Для изготовления моделей молекул по Стюарту-Бриггсу рекомендуется даже использовать пластилин и спички [77], чтобы изготавливать шарики диаметром, отвечающим радиусу атомов по Ван-дер-Ваальсу. Но эти модели не объясняют причин и способов образования тех или иных видов связей, а моделируют формы молекул, не демонстрируя самих процессов формообразования. Такие возможности не заложены в данных моделях, так как в них не изображаются отдельные электроны, составляющие электронную оболочку. В этом смысле такие модели мало информативны.

Учащимся объясняют, что в атоме электроны окружают ядро и их расположение не хаотичное, а регулярное. Оно характеризуется определенными энергиями связи электронов в атоме. Но как взаимно расположены электроны в атоме вокруг ядра? Схема распределения электронов существует в виде таблицы химических элементов, а моделей, создающих ясный образ каждого атома нет.

Электроны имеют магнитные свойства и взаимодействуют между собой в атоме. Это схематически показывается разнонаправленными стрелочками в квадратах и объясняется спаренностью электронов в оболочках. Но в атоме взаимодействие электронов не ограничивается только взаимодействием пар электронов. Электроны объединяются в оболочки, некоторые из которых являются особенно устойчивыми. В таком случае, должно иметь место взаимодействие электронов в оболочках, характеризующее их степень устойчивости. Как объяснять и демонстрировать взаимодействие электронов в оболочках, не имея простой и наглядной модели электрона в электронной оболочке?

При изучении окислительно-восстановительных реакций используются модели - аппликации на магнитной основе, фишечные модели, где электроны изображаются кружочками или фишками. Это чисто символическое изображение, иллюстрирующее арифметический подсчет валентных электронов, определяющих виды связи. Эти модели просты как «счетные палочки», но этим их достоинства ограничиваются. Они представляют собой лишь схему, далекую от создания образа моделируемого объекта. В отсутствие образа нет наглядности. Наглядность выступает как возможность и способность оперировать чувственными образами, представлениями. Образная модель является посредником между чувственно воспринимаемыми объектами действительности и смыслом, значением, понятой их сущностью [71].

Для объяснения образования химических связей используется теория молекулярных орбиталей, которая изображает электроны в виде облаков, или орбиталей. Для изображения форм электронных орбиталей используются простые образы: шара, объемной восьмерки. Но для образования химических связей эти формы должны изменяться: должна произойти гибридизация и видоизменение этих форм, что позволяет объяснить образование нескольких, эквивалентных по характеру связей [126]. При этом изучаются только простейшие s- и p- формы орбиталей, а в атоме их может существовать больше. Эта информация сложна для восприятия учащимися и фрагментарна. Поэтому она лучше подходит для углубленного изучения химии, а не для базового. Фрагментарность заключается в том, что формы орбиталей вводятся без обоснований, а сложные формы вообще не изучаются. Формы орбиталей и способы их взаимодействий являются синтетическими и вводятся декларативно, так как в программу обучения не входят сложные квантово – механические объяснения возникновения таких форм. Эти формы являются результатом адаптации научных знаний – квантовой физики и химии. Такие

формы орбиталей подобраны, исходя из предполагаемого равенства количества собственных решений уравнения Шредингера в виде осесимметричных функций, числу осей симметрии электронной оболочки, вдоль которых ожидается распределение электронной плотности. Без изучения основ квантовой физики и химии даже простые формы орбиталей являются сложными для восприятия. Почему такие простые формы как шар или объемная восьмерка могут оказаться сложными для восприятия? Потому что учащиеся изучают закон Кулона и знают, что взаиморасположение зарядов «+» и «-» характеризуется жесткой силовой зависимостью от расстояния между ними. А форма орбитали такова, что отрицательно заряженный электрон может быть локализован на различном расстоянии от положительно заряженного ядра, не изменяя своего энергетического состояния, не излучая. Как избежать явного противоречия с классической электродинамикой без углубленного изучения квантовой механики?

С точки зрения дидактики теория молекулярных орбиталей (далее МО) имеет ряд недостатков, которые создают скорее помехи обучению, нежели поддержку и объяснение. Например, П. В. Бородин отмечает: «методические основы изучения электронного и пространственного строения метана, этилена и ацетилена разрабатываются с момента введения этих вопросов в программу средней школы. Однако значительная часть выпускников школ имеет в этой области поверхностные, формальные знания, что заставляет учителей химии, ученых – методистов, преподавателей вузов разрабатывать новые подходы к изучению этого материала» [11, с. 40]. Модели орбиталей являются идеальными - трудно изготовить их материальные модели из-за разнообразия форм: 2 s-электрона представляются в виде сферы, 6 p-электронов в виде объемных восьмерок, не считая форм их гибридизаций. Обзор журналов «Химия в школе» за последние два десятка лет (с 1980 года) показал, что

попытки представления электрона в виде наглядных образов форм электронных облаков предпринимались часто [9, 12, 26, 40, 64, 107, 132, 135, 141].

Как отмечено С. Н. Дроздовым [40, с. 52], из практики преподавания химии известно, что часть учащихся даже 10 класса недостаточно хорошо представляет пространственное расположение атомов в молекуле при образовании ковалентной связи, форму молекул и другие элементы строения вещества. Для лучшего усвоения учащимися материала о строении атомов и молекул веществ им была разработана тетраэдрическая модель электронных орбиталей из проволоки. Дидактический материал к магнитной доске был разработан в виде карточек с изображениями символов и знаков, наклеенных на плотную бумагу, с обратной стороны которой крепилась магнитная вставка [108, с. 43]. В [132, с. 43] предложены рисунки, являющиеся дополнением к приведённым в стабильном учебнике [126]. Эти работы являются свидетельством не только дефицита наглядности в преподавании данного вопроса, но и его сложности. А как отмечалось в [64, с. 41] при введении понятия о гибридизации очевидна необходимость различных средств наглядности. Из-за неопределенности форм орбиталей 10 d- и 14 f-конфигураций модель является незаконченной и не может применяться для моделирования электронной структуры сложных атомов. Да и для простых атомов условия перекрывания орбиталей являются весьма сложными [112]. Кроме того, форма орбиталей переменна: для объяснения форм молекул даже на основе простого атома - углерода приходится вводить понятие гибридизации их между собой. Оно вводится как естественное следствие конкретизации форм электронных оболочек, чем ещё более усложняет модель электронного строения атома. Сложные эволюции электронных оболочек характеризуют простые по строению атомы второго периода. А что же происходит в сложных

атомах? Как расположить различного вида орбитали вокруг одного ядра сложного атома, в котором их должно быть около сотни? С используемыми в настоящее время моделями это сделать невозможно. А демонстрация строения атомов изучаемых веществ необходима. Например, при изучении явлений ферромагнетизма веществ, составленных атомами железа, кобальта, никеля и прочих, или при рассмотрении строения таких сложных атомов, как радиоактивного газа радона (${}^{222}\text{Ra}^{86}$), или урана (${}^{238}\text{U}^{92}$), на свойствах которого основана ядерная энергетика, или искусственно синтезированного элемента Нобелия (${}^{255}\text{No}^{102}$).

В то же время известно, и на этом акцентируется внимание, что свободные электроны одинаковы и неразличимы. В такой ситуации закономерно возникает вопрос: не следует ли изучение метода МО осуществлять в классах с углубленным изучением химии или в качестве факультативного спецкурса?

Из-за неопределенности формы орбиталей затруднена и сравнительная демонстрация разницы ковалентных радиусов различных веществ. Традиционно образование ковалентных связей объясняется «перекрыванием электронных облаков атомных орбиталей двух атомов: σ - «лобовое» и π - «боковое» [37]. Непонятно, чем мотивирован выбор таких обозначений. С дидактической точки зрения перенос буквенных обозначений из квантовой механики в школьный учебник представляет собой излишнюю, невостребованную информацию. Затруднение вращения вокруг линии комбинированной связи σ - и π - может быть объяснено и без помощи этих обозначений, или с помощью моделей Р. Гиллеспи, в которых вообще нет деления на σ - и π - связи, а рассматривается взаимодействие связывающих электронных пары. При взаимодействии двух электронных пар вращение затруднено, что является очевидным при использовании моделей. Согласно

модели Гиллеспи, все связывающие электронные пары расположены на одинаковом расстоянии от центра ядра. Объем, который занимает в пространстве каждая связанная электронная пара данного атома, одинаков для всех пар, а объем, занимаемый несвязанной электронной парой, больше [8, с. 17]. Из квантовой механики известно, что максимумы электронной плотности 2p- орбиталей расположены ближе к ядру, чем для 2s- орбиталей [67, с. 13]. Это означает, что модели Гиллеспи являются слабо информативными: с их помощью не предусмотрена демонстрация различий в расположении электронных пар. Желательно использовать для объяснения механизма образования связей такие модели, которые демонстрируют электронное строение оболочек взаимодействующих атомов точно, наглядно и без привлечения трудно объяснимой школьнику символики высшей математики, использующейся в расчетной части квантовой физики.

В основе всех вышеперечисленных недостатков изображения электронных оболочек атомов и молекул лежит противоречие между стабильностью элементарных частиц, составляющих атом, и переменной формой электронных орбиталей. Это противоречие является отражением истории становления атомистских воззрений тех времен, когда частички вещества называли корпускулами, и считали их неделимыми [105]. На современных моделях это противоречие, трактуемое уже как двойственность свойств электрона, углубляется и демонстрируется объемными моделями атомов (по Стюарту), используемыми в качестве раздаточного материала. Например, только для одного атома углерода в наборе используются несколько моделей различных форм: для четырех связей - под углами 109° , для трех - под углами 120° , и двух - под углом 180° . И данного количества моделей недостаточно, так как есть соединения, в которых валентные углы отличаются от этих идеальных углов связи. Рациональным выходом из сложившейся противоречивой ситуации

представляется использование новых моделей элементарных частиц, составляющих атом, которые должны сочетать в себе следующие качества: узнаваемость форм элементарных частиц и возможность объяснения с их помощью переменной формы электронных орбиталей, возникающих при образовании химических связей. А для этого необходимы универсальные модели, тем более что оболочки всех атомов состоят из одинаковых частиц - только из электронов. Такую модель и соответствующие ей методики использования необходимо создать.

Сами по себе традиционно используемые модели работоспособны и могут использоваться для определенных задач моделирования. Но фрагментарность моделируемых свойств, отсутствие между ними структурно-логических связей создает препятствия обучению и усложняет процесс усвоения информации. Неслучайно в качестве одной из основных трудностей, встречающихся при рассмотрении вопроса о химических связях, называется сформировавшееся у учащихся (вольно или невольно) представление об электроны как о шарике [127]. Следует дополнить список рекомендуемых моделей такими современными моделями, которые позволили бы связать воедино исторические модели атома, отражающие собой развитие знаний об атоме (Демокрита, Томсона, Резерфорда), модели, ставшие уже традиционными при изучении химии (шаростержневые, Стюарта – Бриглеба), модели, используемые в вычислительных научных методах - метод МО. Необходимо создание иерархичной системы моделей, в рамках которой могли бы быть построены различные модели и объяснены особенности строения атома, иллюстрируя в зависимости от необходимости определенные моделируемые стороны.

В соответствии с результатами обзора используемых в процессе обучения моделей становятся понятны трудности, которые испытывает учитель.

Химические связи – это взаимодействие электронных оболочек атомов, а модели этих оболочек весьма неопределенные. Без этого, к сожалению, приходится констатировать отсутствие способа изображения и электронов, как самостоятельных частиц, и процесса объединения их в оболочки. А ведь именно количество и симметрия расположения электронов в оболочке атома определяют возможные виды и типы связей, формы молекул и кристаллов. Без демонстрации расположения электронов в оболочке затруднено объяснение свойств элементов Периодической системы химических элементов Д.И. Менделеева; понятие сродства к электрону вводится декларативно, ненаглядно; имеются трудности с объяснением причин образования разных углов в соединениях с различными видами ковалентных связей. Обобщая, можно сказать, что затруднено объяснение тех явлений и процессов, где участвуют электроны атомных или молекулярных оболочек.

Существуют еще мысленно представляемые (нематериальные) модели атома: планетарная модель Резерфорда, сопровождаемая постулатами Бора, и квантово-механическая [77, с.185], [76, с.160]. Помимо недостатков парадоксального свойства планетарной модели (движение электрона в атоме противоречит законам электродинамики - для отсутствия излучения электрон должен покоиться в атоме относительно ядра) и невозможности создания материальных моделей, соответствующих квантово-механической модели атома, они имеют общий недостаток - они не совместимы между собой. Они имеют различную степень локализации частицы: точка – корпускула и «область вероятности расположения электрона». Это также создает трудности их использования.

Необходимое функциональное качество модели - это работоспособность (способность к выполнению своих функций). Модели должны не только создавать образ максимально близкий к нашим представлениям об объектах,

но и иметь возможность использования для обучения и исследования свойств объектов. А для этого используемые модели (тем более составляющие единый комплекс) не должны быть взаимоисключающими, они должны быть совместимы друг с другом. Особенно это важно для обучения. В рамках различных дисциплин - в физике и химии используются разные модели электрона. Но для создания целостного знания у учащегося необходимо, чтобы эти модели не противоречили друг другу. Например, в химии электрон изображается облаком, а в физике он - и точка, и волна. Существующие модели практически несовместимы между собой.

Выводы к главе 1

Как показал анализ, проведенный в первой главе, при изучении строения атома модели используются часто. В соответствии с требованиями времени требуются простые и наглядные модели, обладающие широкими дидактическими возможностями, такими как наглядность, научность, адаптивность, перспективность. В связи с этим следует сгладить противоречие между научным знанием и учебным материалом.

1. Модели должны быть совместимыми между собой и различаться лишь степенью сложности, в зависимости от уровня решаемых задач. Это позволит избежать фрагментарности и отрывочности усвоения информации, обеспечив связность и системность знания. В атоме электроны расположены регулярно, что характеризуется определенными энергиями связи электронов в атоме. Схема распределения электронов существует, что отражено видом таблицы химических элементов, а моделей, создающих ясный образ распределения электронов в каждом атоме нет. Необходимо сделать акцент на изучение строения электронных оболочек, иначе останется без обоснования периодичность свойств элементов Периодической системы Д. И. Менделеева и неясным электронное строение сложных атомов.

2. Традиционные модели нуждаются в пересмотре и изменении с учетом современных научных данных, в улучшении дидактических качеств, связанных с изменением подходов обучения. Модель и постулаты Бора следует отнести к историческим пройденным моделям атома. Назрела необходимость разработки и использования новых моделей элементарных частиц, составляющих атом, которые должны сочетать в себе такие качества как стабильность и узнаваемость форм элементарных частиц – электронов и одновременно возможность объяснения с их помощью переменного вида электронных орбиталей, возникающих при образовании различных видов химических связей.

3. Необходима систематизация моделей, позволяющая формировать взаимосвязанные комплексы моделей для укрепления междисциплинарных связей при изучении физики, химии, биологии. Желательно использовать универсальные модели электрона, применимые в различных разделах дисциплин естественнонаучного цикла. Этого можно добиться за счет упрощения моделей и оптимизации соответствующих курсов обучения.

Глава 2. Педагогико-эргономические требования к созданию и использованию моделей для изучения строения вещества.

2.1. Принцип научности и адаптация новых научных данных для обучения.

Современные тенденции развития моделирования.

Среди основных принципов целостного педагогического процесса принцип научности обучения является важнейшим. В свою очередь, принцип доступности требует, чтобы обучение строилось на уровне возможностей учеников. При слишком усложненном содержании понижается мотивационный настрой, резко падает работоспособность. Вместе с тем при упрощенном содержании снижается интерес к учению, то есть упрощение содержания обучения снижает его развивающее влияние [83, с.47-48]. Выдающийся химик и методист А. М. Бутлеров постоянно подчеркивал, что на всех этапах обучения независимо от учебного заведения излагаемые знания должны быть доступны учащимся. Как отмечал И. Н. Чертков, рассматривая значение работ А. М. Бутлерова для развития методики обучения химии [131, с.17], иногда учителя слишком усложняют учебную программу, считая необходимым знакомить учащихся с теориями, понятиями, которые недоступны им (теория резонанса, молекулярных орбиталей и др.).

Под научностью подразумевается не только формирование научного подхода к изучаемым явлениям у школьников, но и научная достоверность содержания изучаемого предмета или явления. Модели, используемые в обучении, должны иметь возможность отражения научно установленных фактов.

Как было показано в главе 1, проблемы создания и использования моделей объектов микромира существуют. Поставим прикладной вопрос в общем виде: нужна ли при изучении дисциплин естественнонаучного цикла модель электрона? А если нужна, то какими свойствами она должна обладать? Рассмотрим, как решается этот вопрос в научном сообществе.

В смежных с физикой областях - в химии, в кристаллографии в качестве наглядных геометрических моделей атомов используют полиэдры (многогранники), или шары, усеченные плоскостями, перпендикулярными линиям связи. Электрон при этом либо не изображается, либо считается облаком, форма которого неопределенная, изменчивая, но должна показывать пространственное распределение плотности вероятности нахождения всего электрона в определенной точке пространства. Строго говоря, определенной наглядной модели электрона просто нет.

Может и вообще не нужна была бы модель электрона, если бы...она уже не использовалась в неявном виде и в квантовой химии, и в квантовой физике. Ведь сам термин "перераспределение электронной плотности" и характеризующие его матрицы электронных плотностей подразумевают некоторую протяженность и изменяемость формы электронов. При этом утверждается, что даже сам термин "форма электрона" является некорректным, так как формы у электрона нет, размер его неопределенно мал, а определение его местоположения принципиально невозможно точнее величины, вычисляемой из соотношения Гейзенберга.

Таким образом, отказ от наглядных геометрических моделей не обоснован уже хотя бы тем, что моделируемые объекты реально существуют, имеют протяженность и определенную плотность. Кроме того, для качественного формирования понятий необходимы именно наглядные геометрические модели, так как образное восприятие - самое информативно насыщенное и

помогает усваивать сложный материал. Возможность использования структурных моделей тем более важна, что, как известно, в химии «свойства веществ – функция их строения» [134].

Без наглядной, пусть и упрощенной модели, невозможно работать с объектами микромира. Разнообразные модели все равно используются, но они содержат не только массу недостатков, но и находятся в противоречии с основными законами физики. Но предложить универсальную непротиворечивую модель электрона невозможно, потому что противоречия содержатся в самих представлениях об электроне. То есть для создания непротиворечивой геометрической модели электрона, необходимо избавиться от противоречий в представляемых нами свойствах электрона.

Одно из основных противоречий заключается в том, что электрон представляется частицей безразмерной, но в то же время имеющей моменты вращения и, вообще говоря, определяющей размеры атома [1, 18, 19, 56, 80]. Чтобы избежать этого противоречия, можно вернуться к модели атома, предложенной Шредингером. В ней электронные заряды и токи непрерывно распределены по объему атомной системы с плотностями, выражающимися через волновую функцию. Сам Шредингер считал, что: "Квадрат волновой функции имеет смысл плотности электричества" [136]. Электрон при этом рассматривается в виде непрерывного потока стационарно вращающегося электрического заряда, потоки энергии в котором, замкнуты сами на себя и также стационарны. Возможность использования в квантовой механике представления Шредингера об электроне подробно рассмотрена в работах Власова А. Д. [18, 19]. В работе [19] не только рассматриваются и интерпретируются на языке квантовой механики предположения Шредингера, но и проводится историческое и хронологическое исследование, посвященное причинам отхода квантовой науки от использования представлений

Шредингера, единственных, совместимых с классической электродинамикой. Власов А. Д. отмечает, что истолкование Шредингера приводит к динамической модели атома, в которой заряды электронов непрерывно распределены по всему объему атома, и что в связи с этим возникает новое представление об электронах, как о частицах тех же размеров, что и сам атом. При этом стационарно вращающийся электрический заряд электрона, в полном согласии с классической электродинамикой, не излучает электромагнитной энергии - потоки в нем замкнуты сами на себя и также стационарны.

Критическое переосмысление существующих физических теорий приводит к появлению новых теорий или предложений пересмотра старых, ранее отвергнутых научно-общественным мнением. В частности, сейчас существует много теорий - ревизий старой идеи наличия среды - эфира, проводящей электромагнитные волны. В рамках этих теорий электрон может рассматриваться как стационарный многокомпонентный волновой процесс в среде - эфире, характеризующийся резонансными параметрами этого процесса в среде. Отсутствие излучения электрона на орбите пытаются объяснять замкнутостью траектории его циркуляции. Однако, выходя за рамки ортодоксальной науки, (с точки зрения натурфилософии) было бы естественней предположить, что диссипация энергии все же имеет место (хотя бы на излучение волн, поддерживающих структуру поля электрона). Восстановление энергетического баланса и стационарное существование электрона неопределенно долгое время можно объяснить тем, что электрон является процессом в активной среде - эфире. Иначе говоря, можно предположить, что электрон является резонансным волновым процессом в структуре вакуума, или эфира. А его поля представляются различными формами напряженно - деформированных состояний структуры эфира. Эту идею высказывал еще Г. А. Лоренц. Электрон представляется преобразователем внутренней энергии

физического или “кипящего” вакуума (или эфира) во внешнюю, то есть в энергию его электрического и магнитного поля. На сегодняшний день такое теоретическое положение можно принять только как аксиому, так как невозможность обнаружения “всемирного эфира” в физических экспериментах есть одно из его свойств (или следствие его наличия).

В течение последних 40 лет разными авторами активно «реанимируется» и развивается гипотеза неувлекаемого эфира. Например, “Теория упругой квантованной среды” В. С. Леонова [59], описывающая элементарную ячейку эфира как электромагнитный квадруполь планковских размеров и энергий. Планковская длина представляет собой наименьшую длину в однородной области недеформированного пространства, свободного от гравитационного воздействия. Существуют гипотезы увлекаемого эфира, например, “Эфиродинамика” Ацюковского В. А. [6]. Эти исследовательские гипотезы – антагонисты, то есть входят друг с другом в противоречие. Приемлимой для использования могла бы оказаться теория эфира (или вакуума), «увлекаемость» частей которого являлась бы следствием инертности электрических и магнитных полей, оказывающих сопротивление изменениям их структуры.

Однако, даже не рассматривая суть различных теорий, предположений и обоснованность их выдвижения, можно отметить значение моделей в процессе познания и трудности, к которым приводит их отсутствие.

Во второй половине 20 века становится всё больше сторонников старинной модели элементарной частицы в виде кольцевого вихря. Первое упоминание о мельчайшей частице вещества в виде кольцевого вихря было сделано более 5 тысяч лет - это древнее Тибетское знание. Множество авторов в различных вариантах открывают заново эту древнюю модель элементарной частицы и с ее помощью разъясняют устройство атома и процессы микромира,

не имеющие удовлетворительного объяснения, или не объясненные вовсе, а лишь задекларированные в рамках существующих физических теорий. Например, моделировать электрон в виде частиц, составляющих массу электрона, вращающихся по кольцу радиусом 0,193 пм предложил Дидык Ю.К. [38]. Электрон в виде "устойчивого вихря" был предложен В.А.Ацюковским [6]. Dave Bergman [1, 2] моделирует элементарные частицы в виде торов, размер которых определяется длиной волны Комптона для моделируемой частицы. Канарев Ф.М. [52] изображает вращающимся кольцом и фотон, и электрон. Спин частиц он интерпретирует как механический момент вращения кольца. Власовым А. Д. [18, 19] была описана модель ротационного атома, предложенная на основе динамической модели атома Шредингера. Беклямишев В. О. [7] предложил электрон изображать тором, окруженным стоячими квантовыми волнами, имеющими на поверхности сферы, окружающей электрон, особые узловые точки, количество которых соответствует числу электронов на различных энергетических уровнях s, p, d, f. Бунин В. А. [13] предложил мыслить частицы объектами, построенными из замкнутых магнитных струн. Его модель электрона в виде вращающейся восьмерки - свернутого "вихревого жгута" - обладает спином, "зарядом", магнитным моментом.

Модель электрона Ромазанова Б. И. [94] – это ограниченная двумя узловыми поверхностями пучность стоячей сферической волны электрического напряжения. Средой, в которой протекает процесс, является эфир. Ромазанов эфир мыслит не электромагнитным, а чисто электрическим континуумом.

Подобного вида модели электрона обладают новыми возможностями и достоинствами. Но они не универсальны и достаточно сильно отличаются друг от друга, что препятствует их совместимости. Например, модель электрона в виде тора малого размера, полученная расчётным приравнением скорости

движения волны (или распределенного заряда) по кольцу к скорости света "С", предполагает движение электронов - торов комптоновского размера по замкнутым траекториям в атоме, что возвращает нас фактически к планетарной модели [38]. Предполагаемое в [1] расположение электронов в атоме в виде тонких торов, объединенных в оболочку на манер одной или нескольких «связок бубликов на веревочке», или в виде отдельных витков соленоида, взаимно не связанных, приводит к трудностям моделирования форм стационарных электронных оболочек, так как не объясняет причины повышенной устойчивости определённых электронных оболочек (устойчивость которых объясняет вид Периодической системы химических элементов Д. И. Менделеева). Модель электрона Канарева Ф. М. [52] в виде жесткого тора, вращающегося вокруг своей оси симметрии, требует мотивированного объяснения синхронного и целочисленного увеличения диаметра электрона и уменьшения частоты его вращения, необходимых для сохранения постоянства его момента вращения (численно равного постоянной Планка) в процессах перехода электрона с уровня на уровень.

Кеннет Снельсон в 1963 году предложил моделировать все электроны в атоме кольцевыми магнитами, изображая тем самым вид электронных оболочек атома любой сложности [4]. Модели К. Снельсона не были востребованы в науке из-за ограниченности применения в отсутствие математического аппарата их использования, который мог бы конкурировать с квантовой механикой.

Большинство из приведённых выше моделей, представляя собой простые и наглядные образы, могли быть использованы в педагогике, но неразработанность методического аппарата их использования привела к тому, что их просто не заметили.

Существуют и более сложные модели, которые трудно адаптировать для использования в школе. Например, профессор Сапогин Л. Г. [100] использует в модели электрона понятие туннелирования: электрон атомной оболочки совершает квантовые скачки в пределах орбитали не беспорядочно, а сквозь ядро атома, каждый раз проходя (туннелируя) через него. Туннелирует электрон благодаря тому, что в это мгновение он находится в «нулевой фазе», при которой мгновенные значения массы и заряда электрона равны нулю. Опираясь на эту гипотезу, Фоминский Л. П. предложил «полуклассическую» модель, в которой «падающий к ядру электрон ускоряется его электрическим полем до околосветовых скоростей. А с увеличением скорости сечение электромагнитных взаимодействий частиц, как известно, уменьшается, и частицы не успевают провзаимодействовать. Так как ядро и сам электрон обладают магнитным моментом, то при пересечении падающим электроном силовых магнитных линий на него действует сила Лоренца, заставляющая электрон отклониться от прямолинейной траектории. В результате падающий к ядру электрон не попадает в центр ядра, а пролетает мимо» [90, с. 218]. В этой модели атома электрон совершает гармонические колебания относительно ядра, как шарик на резинке. Поскольку движения электрона между точками максимального удаления от ядра остаются для наблюдателя незаметными, то создается иллюзия движения электрона по круговой орбите со скоростью $C \cdot \alpha = C/137.033$. Иллюзия движения электрона по круговым и эллиптическим орбитам в атоме не сопровождается излучением электромагнитных волн. Модель Л. П. Фоминского популярно изложена и позволяет совмещать наглядность, свойственную классическим моделям, и квантованность положений электрона в атоме.

На основе проведённого анализа существующих моделей электрона, можно сделать вывод, что сложность предлагаемых мысленных моделей

препятствует созданию материальной модели [7, 59, 82, 90, 94, 100]. Кроме того, большинство вышеперечисленных моделей не дают однозначного способа распределения электронов вокруг ядра сложного атома по оболочкам в соответствии с закономерностью, на основе которой построена Периодическая система химических элементов Д. И. Менделеева.

Поэтому предлагается использовать геометрическую модель электрона в виде тонкого тора, размер которого больше комптоновской длины и определяет размер атома [56]. Такой “крупный” электрон может покоиться, то есть пребывать в стационарном состоянии, уравновесив взаимное притяжение с ядром взаимным отталкиванием с другими электронами, окружающими ядро атома. Из этого следует, что модель электрона в виде кольца уже не нуждается в жесткой декларации первого Постулата Бора и не требует возведения соотношения неопределенностей Гейзенберга в принцип, так как электрон представляется системой с распределенными параметрами, характеризующимися известным соотношением В. Гейзенберга.

При геометрическом моделировании элементарной частицы тонким тором, или кольцом, снимается антагонизм корпускулярно-волнового дуализма: кольцо символизирует волновой процесс циркуляции распределенного заряда по замкнутому контуру, что демонстрирует волновую природу частицы, а корпускулярные свойства объясняются ограниченностью процесса в пространстве. Размер кольца, изображающего электрон, зависит от напряженности поля ядра или системы ядер, поэтому является величиной переменной. На внешних оболочках его размеры близки к 1\AA (100пм) и определяют валентные размеры атома в соединениях.

Прежде чем переходить непосредственно к описанию закономерностей моделирования электронных конфигураций атомов, молекул и кристаллов с использованием модели электрон - кольцо, следует обратить внимание на то,

что модель эта является упрощенной - в ней не отражается внутренняя структура электрона. А для модели электрона, характеризующейся размерами порядка ангстрема (10^{-10} м) возможность описания внутренней структуры имеет значение.

Известно, что в эффекте Комптона сечение поглощения энергии имеет максимум на длине волны $\lambda_0 = h / (m_e \cdot c)$, что соответствует равенству энергии падающего фотона полной энергии электрона ($h \cdot \nu_0 = 0,511$ Мэв) [54]. Максимальная передача энергии между излучением и электронами, осуществляющаяся при совпадении энергии фотона с полной энергией электрона означает, что максимуму передачи энергии соответствует равенство длины волны падающего излучения λ_0 комптоновской длине волны электрона. Опираясь на этот результат, по аналогии с классическим эффектом резонанса, можно предположить, что внутренняя структура электрона связана с комптоновской длиной. Поскольку предполагается, что электрон - это многокомпонентный волновой процесс, то одной из его компонент может быть распространение фронта волны комптоновской длины по кольцу. Это движение можно представить в виде смещения в кольце узлов и пучностей комптоновских волн. Объясняется это движение тем, что по периметру кольца укладывается нецелое число волн. Число волн комптоновской длины, укладывающихся в периметре тора равно величине, обратной так называемой постоянной тонкой структуры - « α » ($1/\alpha = 137.036$). Величина « α » (постоянная тонкой структуры) определена в экспериментах и является постоянным коэффициентом, встречающимся в расчетах. Движение каждого узла волны комптоновской длины можно рассматривать как распространение фронта электронной волны по замкнутой траектории. Таким образом, предлагаемая модель электрона позволяет рассматривать спин как момент, возникающий в результате циркуляции по кольцу узлов и пучностей электронной волны, продвижение

которых вполне может соответствовать движению в контуре (в частном случае в кольце) распределенного заряда, суммарно равному элементарному.

Математически спин как момент, возникающий в результате циркуляции потока энергии, или распространения фронта волны по замкнутому контуру уже рассматривался [80]. Наличие у электрона, моделируемого кольцом (или другим замкнутым контуром), магнитного момента позволяет использовать в качестве материальной модели кольцо с током. Но предпочтительнее использовать не кольцо (тор), а гибкие замкнутые контуры с током. С их помощью можно демонстрировать и принцип неопределенности. Если аналогом электрона является контур с током, то аналогом процесса обнаружения электрона является разряд в точке контакта с этим контуром. До тех пор, пока искровой разряд не произошел, положение электрона точно не определено. Но искровой разряд (аналог процесса поглощения, то есть обнаружения электрона) может произойти в любой точке контура с током. Если и далее проследивать эту аналогию, то надо заметить, что форма проводника может быть различной, в зависимости от накладываемых на него внешних взаимодействий, но не произвольной, а стремящейся к наиболее лаконичной форме, например, к кольцу с целью минимизации потерь магнитным полем этого проводника.

Для моделирования только магнитной составляющей поля электрона можно использовать кольцевые магниты. Использование магнитных колец позволяет моделировать взаимодействие электронов в оболочках. У модели электрона в виде магнитного кольца будет два варианта расположения в кольцегранной оболочке: северным или южным полюсом к ядру. Вектор, соединяющий N (северный полюс) и S (южный полюс), совпадает с вектором спин. Этот вектор направлен по нормали к кольцу. Наличие у электрона магнитных свойств является причиной образования в атоме нескольких

особенно устойчивых электронных оболочек. Модели устойчивых оболочек представляют собой наиболее симметричные фигуры из колец, в которых соприкасающиеся кольца-электроны характеризуются различными знаками спин. На моделях они показаны кольцами разного цвета. Метод геометрического моделирования электронных оболочек в виде кольцегранников позволяет наглядно демонстрировать повышенную устойчивость электронных оболочек из 2, 8, 18 и 32 электронов. Также с помощью новой модели можно объяснить наличие у электрона в атоме орбитального момента - это момент, возникающий из-за несовпадения центра электрона - кольца с геометрическим центром оболочки, в котором находится ядро атома. Математическая процедура разделения момента импульса на две независимые части, первая из которых описывает орбитальный момент, а вторая – спин, приведена в статье: «Что такое спин?» [80, с. 75].

Модель электрона в виде поляризованной по кругу волны комптоновской длины, фронт которой распространяется по кольцу, равному радиусу первой орбиты Бора (0.529 \AA) не является полным определением электрона, а лишь характеризует одну из компонент волнового процесса, составляющего электрон.

Так как колебательные процессы с существенно различающимися длинами волн почти не взаимодействуют между собой, то вторичной структурой электрона (относительно волн Комптона) может быть наличие в кольце стоячих волн. В электронном кольце их укладывается целое число, что может демонстрировать целочисленность главного квантового числа « n ». В частности геометрические модели электронных оболочек позволяют подсчитать число точек контакта колец в кольцегранниках, которое должно быть равно или кратно числу узлов в колеблющихся кольцах - электронах.

Такая модель имеет возможность описания квантовых переходов. Под этим подразумевается не бесконечно быстрый процесс перескакивания электрона, а процесс перехода электронного окружения атома из одной формы колебаний в другую. Например, изменение суммарного числа стоячих волн, уложенных в кольцевых электронах какой-либо фиксированной оболочки, будет сопровождаться изменением энергетического состояния всего атома и определенным образом должно зависеть от этих целочисленных величин. Как отмечал Шредингер, "изменение форм колебаний всегда может происходить непрерывно в пространстве и времени, оно может длиться время, равное экспериментально определенному времени излучения" [136].

Электрон проявляет себя как многокомпонентный волновой процесс, каждая из компонент которого может (а с дидактической точки зрения и должна) быть отображена соответствующим образом. Как отмечала Михайлова И. Б. «в том случае, когда у нас есть образ интересующей нас стороны объекта, модель попросту не нужна» [71]. Если образа нет, то его следует создать с помощью модели, или образа-модели. Образ-модель отличен от образа непосредственного живого созерцания тем, что это условный образ. Роль образа-модели в формировании комплекса моделей и последовательность его формирования показана на схеме 2.1.

Значительной дидактической функцией обучающих моделей является адаптивность к уровню знаний обучаемого. То есть сложность модели должна соответствовать не сложности моделей «переднего края науки», а уровню знаний субъекта обучения, должна соответствовать познавательным возможностям учащихся, их подготовке и возрастным особенностям. В этом случае простота восприятия напрямую связана с неминуемой популяризацией и упрощением учебного материала. Конечно, упрощение не должно

происходить в ущерб научности, то есть адаптивность модели не должна входить в противоречие с её информативностью.

Схема 2. 1.

Формирование комплекса моделей



В современном информационно-насыщенном мире быстро меняются условия обучения: увеличивается суммарный объем изучаемого материала, сокращается количество часов, посвященных изучению естественнонаучных дисциплин, в частности и физики, и химии. В соответствии с изменяющимися условиями и методами обучения должны претерпевать изменения и модели, используемые для обучения. Из общего количества используемых в обучении моделей, число которых непрерывно возрастает в связи с накоплением новой научной информации, требующей новых форм демонстраций, необходимо выделять модели, интенсифицирующие процессы обучения, образующие взаимосвязанные комплексы средств обучения. Должна повышаться возможность иерархического распределения средств обучения и взаимного их сочетания в процессе обучения, соответствие определенным приёмам работы и формам деятельности. Также должна возрастать специализация моделей, то есть модели должны ярко и желательно однозначно отражать моделируемые качества. При этом должна сохраняться преемственность моделей, их совместимость и взаимозаменяемость.

Как было рассмотрено в первой главе диссертации, при использовании в процессе обучения моделей атома и элементарных частиц, его составляющих, существует проблема адаптации научных моделей для обучения. Научно-исследовательская модель электрона в виде волнового кольца из-за наличия внутренней структуры является сложной. С целью лучшей адаптации обучающих моделей на первом этапе использования можно не рассматривать сложную внутреннюю структуру электрона, а использовать в качестве упрощённой геометрической модели электрона простую форму замкнутого на себя потока энергии - кольцо (или тонкий тор). Такое предложение консервативно, но оправдано, тем более что получение прямых доказательств

или опровержений предполагаемой структуры электрона до сих пор затруднено. Это связано с тем, что разрешение самого точного инструмента энтропии на сегодня - сканирующего электронного микроскопа колеблется от 2 до 20 Å [92] в то время как предполагаемый размер кольца – электрона порядка 1 Å. Поэтому целесообразным представляется не попытка создания модели, адекватной действительности, а постановка задачи создания работоспособной модели. Под работоспособностью подразумевается возможность использования модели во всех основных операциях, характерных для модельного эксперимента, сформулированных Штоффом В. А. [137, с.121]: построение модели, экспериментальное её исследование и переход от модели к натуральному объекту, состоящий в перенесении результатов, полученных в исследовании, на этот объект.

Анализ традиционных моделей, проведенный в первой главе диссертационного исследования, показал, что при современных тенденциях к разностороннему изучению строения атома, использование традиционных моделей не является достаточным для формирования целостной и взаимосвязанной картины строения атома, отличающейся простотой и наглядностью. Необходимо дополнить традиционно используемые в школе скелетные и шаро-стержневые модели [28, 73, 84,] кольцевыми моделями электронных оболочек атомов и молекул [4, 56]. Использование кольцевых моделей позволяет демонстрировать электронное строение оболочек, причем не только внешних, но и внутренних. Эти модели характеризуются универсальным подходом к моделированию: каждый электрон оболочки любого атома изображается кольцом (или геометрической моделью в виде тонкого тора). Кольцевые модели демонстрируют расположение электронов в атомах и соединениях, что позволяет изображать и объяснять формы атомов в

объёмных моделях Стюарта, Полинга, орбитальных и молекулярных моделях Тартуского университета [55].

Поскольку кольцевые модели конструктивно сложнее моделей Стюарта, предлагается для моделирования соединений с большим числом однотипных атомов использовать объёмные модели Стюарта, предварительно рассмотрев электронное строение каждого, входящего в соединение, атома в виде кольцеванника.

Достоинства модели электрона в виде кольца заключаются не только в отсутствии недостатков старых моделей, но открывает новые возможности в моделировании. Изготавливаемые модели веществ подробнее описывают электронную структуру вещества, то есть являются более информативными. Использование этих моделей позволяет сжать объём информации, предназначенной для усвоения учащимися, за счет отсутствия сложных моделей молекулярных орбиталей. Большинство объяснений и демонстраций форм электронных орбиталей (или электронных облаков) и закономерностей их гибридизации можно опустить, используя одну простую модель электрона в виде кольца и простейший алгоритм моделирования электронных оболочек в виде кольцеванников. От использования метода моделирования электрона в виде кольца ожидается существенное повышение педагогической эффективности обучения. Появляется возможность строить наглядные модели электронных оболочек, что раньше было затруднено: в лучшем случае, изображались валентные электроны (мысленно вырванные из электронной оболочки) или «учитель предлагал учащимся мысленно располагать электронные облака каждого атома» [28, С.19], или изготавливались самодельные статические или динамические модели электронных облаков. В. В. Загорский, рассматривая то, как в системе вальдорфской педагогики преподаются различные предметы, сделал вывод, что «лучше исключить из

программы 7 – 9 классов все абстракции (электронные орбитали, теорию гибридизации и даже современное обоснование периодического закона), оставив их для 10 – 11 классов» [43, с. 11]. Аналогичное предложение было сделано и без привлечения новых методов обучения при анализе методики изучения раздела «Общая химия». Т. В. Смирнова предлагала перенести изучение s- и p- орбиталей в углубленный курс или изучать их в разделе «Общая химия» [106]. Это тем более актуально, что существующая тенденция развития пропедевтических курсов химии [22, 42] и взаимосвязи курсов естествознания и химии приводят к тому, что «понятия о химическом элементе, простых и сложных веществах вводят в 6 и 7 классах, используя модели, в том числе изготавливаемые учениками из пластилина» [42, с. 30]. Егорова А.А. акцентирует внимание на том, что «школьники среднего возраста (11 – 13 лет) обладают гораздо большими способностями, чем те, на которые ориентируются традиционная педагогика и методика» [42, с. 31]. Следует более тщательно рассмотреть вопрос, с какого возраста возможно использование кольцевидных моделей, можно ли это делать в курсе естествознания с шестого класса, или только в курсе химии с 8 класса?

Рассматриваемые в старших классах современные представления об электронном и пространственном строении атомов и молекул убедительно свидетельствуют о том, что электронно-ядерные взаимодействия, приводящие к пониманию энергии системы, служат необходимым и достаточным условием возникновения химической связи. В связи с этим перекрывание облаков не причина (как об этом иногда говорят и пишут), а лишь следствие электронно-ядерных взаимодействий, приводящих к коллективизации ядер и образованию единого молекулярного электронного облака [134].

2.2. Педагогико-эргономические требования к моделям атомов и молекул и их новые дидактические возможности.

К моделям, используемым в школе, предъявляется ряд требований:

1. Модели должны служить формированию у учащихся систематических и прочных научных знаний, а также практических умений и навыков.

2. Информация, передаваемая с помощью моделей, должна соответствовать современному состоянию науки и техники, опираться на фундаментальные знания.

3. Содержание, объем и глубина, заложенной в модели информации, должна соответствовать содержанию программы и познавательным возможностям учащихся, учитывать их подготовку и возрастные особенности.

4. Модель должна быть наглядной, обеспечивать быстроту и точность получения нужной информации.

5. К моделям обязателен объяснительный текст (описание, инструкция по сборке и хранению, схемы монтажа, методические рекомендации по их использованию на уроке и т.п.)

6. Модели должны быть простыми и удобными в работе (демонстрация, крепление, легкость сборки и разборки), в упаковке, хранении и транспортировке.

Поэтому при проектировании моделей необходимо учитывать общие педагогико-эргономические требования, обусловленные дидактическими возможностями и функциями этого вида средства обучения, а именно: информативность, адаптивность к определенному способу деятельности, инструментальность, комплементарность (свойство дополнять недостающие признаки и “работать” в системе с другими средствами обучения), а также специфические требования, продиктованные особенностями содержания учебного предмета и отбором наиболее предпочтительных наглядных форм

[73]. Проектирование моделей опирается на систему педагогико-эргономических требований. Из них принцип **научности** обучения является важнейшим. Одновременно с принципом научности, принцип **доступности** требует, чтобы обучение строилось на уровне возможностей учеников, большое значение в использовании обучающих моделей играет возможность их адаптации к уровню знаний обучаемого. Сложность модели должна отражать не сложность моделей «переднего края науки», а уровень знаний субъекта обучения, должна соответствовать познавательным возможностям учащихся, их подготовке и возрастным особенностям. Спецификой учебных моделей является простота восприятия, напрямую связанная с неминуемой популяризацией и упрощением учебного материала. Важно, чтобы упрощение не происходило в ущерб научной достоверности, то есть **адаптивность** модели не должна входить в противоречие с её **информативностью**.

К общим педагогико-эргономическим требованиям относится **инструментальность**: максимальная простота и удобство использования моделей и однозначная их адресованность выбранным изучаемым явлениям или процессам, **комплементарность**: свойство дополнять недостающие признаки и “работать” в системе с другими средствами обучения. Комплементарность, или свойство дополнять недостающие признаки и “работать” в системе с другими средствами обучения, связана с требованием **совместимости** различных моделей: их взаимной непротиворечивости и возможности пересечения границ применения. В современных условиях развития средств обучения, основанных на компьютерных технологиях, важным качеством моделей является **интерактивность**, возможность представления динамических видео-образов и взаимодействия с ними с помощью компьютерных графических программ, компьютерной анимации и слайдов.

Схема 2. 2

Педагогико-эргономические требования к проектированию моделей



При проектировании моделей необходимо учитывать как общие педагогико-эргономические требования (схема 2.2), обусловленные дидактическими возможностями и функциями этого вида средств обучения, так и специфические требования, продиктованные особенностями содержания учебного предмета и отбором наиболее предпочтительных наглядных форм. Большое значение имеет возможность использования динамических моделей. Главным преимуществом динамических пособий по сравнению со статическими является то, что заложенная в них информация для восприятия представляется чаще всего не вся сразу, а определёнными порциями, постепенно. При использовании динамических средств наглядности достигается подлинное соответствие зрительного восприятия ходу, движению мышления.

Рассмотрена исторически сложившаяся последовательность употребления моделей атомов, молекул и составляющих их элементарных частиц, используемая в современной системе обучения. По мере продвижения научного познания и совершенствования науки развиваются, уточняются и

обогащаются не только отдельные её понятия, но система понятий. Системный подход проявляется в системно-структурном и структурно-функциональном анализе понятий и их систем при изучении сложных химических объектов как целостных формирований. Одним из рациональных путей обучения химии и формирования систем понятий является структурирование понятийного содержания с целью его сжатия, упорядочения и выделения оптимальных вариантов раскрытия понятий курса. Вместе с понятийной базой развиваются информационные и технологические средства обучения, являющиеся существенной поддержкой курса, появляются новые модели. Наглядные модели, как существенная составная часть средств обучения, тоже должны быть объединены во взаимосвязанные комплексы.

Объективный процесс научного познания приводит к накоплению информации. В системе обучения этот процесс отражается увеличением количества используемых моделей, число которых непрерывно возрастает. Необходимо производить отбор моделей, удовлетворяющих требованиям необходимости и достаточности для организации полноценного процесса обучения. Возникает потребность иерархического распределения моделей и их соответствие определенным приемам работы и формам деятельности. Должна возрастать специализация моделей, то есть модели должны ярко и однозначно отражать моделируемые качества. При этом должна сохраняться преемственность моделей, их совместимость. Системность моделей, их способность работать в комплексе с другими средствами обучения также является современным педагогическим требованием.

Специфические требования к моделям определяются особенностями моделируемого объекта или моделируемой стороны оригинала и формой наглядного предъявления изучаемого материала. Как отмечено в [88, с.245], при создании и использовании наглядных пособий следует иметь в виду

следующие два обстоятельства. Сначала происходит перенос знаний об изучаемом объекте на разрабатываемое наглядное пособие. Такой перенос знаний об изучаемом объекте на наглядные пособия, то есть конструирование их, проводится обычно учителем или методистами на основе дидактических требований, разработанных педагогикой и частными методиками. Когда наглядные пособия используются в школе, происходит второй (обратный) перенос знаний – переход от наглядных пособий к объектам изучения, например, от модели атома к его строению. Наибольшие затруднения при втором переносе встречаются в процессе изучения явлений микромира, например, строения атомов и молекул. Это связано с тем, что модель микрообъекта не отражает внешнего сходства с микрообъектом, а является только аналогией, отображением его структуры, своеобразной имитацией, и существует реальная опасность того, что учащиеся могут отождествить наглядное пособие с объектом изучения, например, динамическую модель атома могут воспринять как некую увеличенную копию атома. Следовательно, необходимо настойчиво подчеркивать, что эти модели лишь отражают структуру микрообъектов, принципы их строения, но не воспроизводят внешнего вида микрообъектов, они изоморфны по отношению к изучаемому микрообъекту.

При моделировании объектов микромира к специфическим требованиям можно отнести требование использования статических моделей с элементами динамики. В практике работы учителя используются и статические, и динамические наглядные пособия. Если в статических пособиях процессы отражены в целом, без их постепенного развития, то в динамических пособиях процессы показываются в развитии. Главным преимуществом динамических пособий по сравнению со статическими является то, что заложенная в них информация для восприятия представляется чаще всего не вся сразу, а

определёнными порциями, постепенно. В этом случае внимание учащихся не рассеивается на разные объекты изучения, а концентрируется лишь на одном, определённом объекте или части его. Кроме того, при использовании динамической наглядности на первый план выступает непроизвольное внимание, которое постоянно поддерживается интересом к динамически развивающимся и обновляющимся деталям пособия.

При использовании динамических средств наглядности достигается подлинное соответствие зрительного восприятия ходу, движению мышления. Например, если сравнить различные статические пособия по строению атомов и химической связи (схемы, таблицы, шаро-стержневые модели и пр.) с динамическими, то оказывается, что учащиеся воспринимают последние с большим интересом. В этом случае в средней школе можно успешно вводить элементарные квантово-механические представления о строении атомов и молекул.

Наряду с положительными качествами динамических пособий необходимо отметить и некоторые их недостатки. Главный из них – невозможность длительной демонстрации изображаемого явления. Статические пособия дают возможность длительной демонстрации изучаемого объекта перед учащимися. В этом случае исходные и промежуточные образы демонстрируемого пособия не исчезают, что облегчает процесс восстановления пройденного пути рассуждения. Учитывая положительные и отрицательные качества этих различных средств наглядности, нельзя резко противопоставлять их друг другу, отрицать одни из них и заменять другими. Наиболее целесообразным является их оптимальное сочетание в определённых педагогических ситуациях [88, с.248]. Более технологичным и современным подходом к использованию средств наглядности представляется использование моделей статических по характеру, но имеющих частично динамические функции, а именно, разборные,

позволяющие отображать на них процессы, имеющие место в моделируемых объектах. Например, такие химические процессы как образование молекул из атомов, образование ионов, потерю или присоединение электрона атомом или молекулой.

Ещё одной особенностью наглядных моделей объектов микромира является их повышенная тенденция к приобретению новых свойств, качеств или особенностей. Это связано с тем, что точного представления объектов микромира – атомов и молекул пока нет, а способы их отображения продолжают меняться и совершенствоваться. В более общем виде это сформулировано Б. Т. Лихачевым: «Главное противоречие формирования содержания общеобразовательной школы состоит в том, что количество новой научной, технической, культурной информации, в свете которой расширяется, уточняется, пересматривается содержание общего среднего образования, постоянно нарастает, а время на её усвоение, если и не уменьшается, то остается неизменным. Поэтому педагогика исходит из необходимости создания стабильной системы основ наук, её постоянного совершенствования, замены устаревших обобщений новыми, более полными, более ёмкими» [60, с. 327]. Поэтому к используемым моделям атомов и молекул следует предъявлять дополнительные специфические требования. Модели должны иметь возможность взаимосовместимости, то есть предоставлять возможности для создания развивающихся, сменяющих друг друга образов, сопровождающих процесс познания от простого к сложному. Это качество можно сформулировать как перспективность, возможность развития и гибкой адаптации к новым моделям. Перспективность, как дидактическая функция, включает в себе возможность развития и совершенствования наглядных моделей и использования их для возвращения к рассмотрению ранее

изученного материала на новом, более сложном уровне, иллюстрирующимся более сложными, развёрнутыми моделями.

Рассмотрим, как удовлетворяет общим и специфическим педагогико-эргономическим требованиям предложенная модель электрона в виде тонкого тора, или кольца и обладают ли новыми дидактическими возможностями получаемые с её помощью кольцевые модели атомов и молекул.

Модель электрона в виде тонкого тора, или кольца, позволяет изображать электронные оболочки атомов в виде кольцевых оболочек. Их построение наглядно демонстрирует принцип Паули, так как каждый электрон занимает индивидуальное место в оболочке. Их геометрически различное расположение это демонстрирует, объясняя магнитное расщепление спектральных линий различной ориентацией образующихся в момент излучения диполей “ядро - электрон”. Также отпадает необходимость постулировать правила Бора. Наглядность кольцевой модели электрона, локализованного в атоме, позволяет представлять постулаты в виде очевидных свойств, проявляемых электроном в атоме. Эти свойства не требуют постулирования - достаточно описания и демонстрации. Частицы, находящиеся в стационарном состоянии, изображаются покоящимися кольцами, и представляют собой волновые процессы, локализованные, или заключённые, в пределах эквипотенциальной поверхности. А любые перемещения заряда в пределах эквипотенциальной поверхности, то есть без изменения потенциала, не приводят к совершению работы и не должны сопровождаться излучением. Излучение происходит только при переходе из одного стационарного состояния в другое, характеризующееся другим потенциалом и другим, соответствующим ему, энергетическим уровнем.

При использовании материальной модели электрона в виде кольца, модель электронных оболочек выглядит кольцевой оболочкой, состоящим из числа

колец, равного числу электронов (рис. 1, 2, 3, 4, 5). Двухцветные модели завершенных атомных оболочек своей симметрией и чередованием цветов (обозначающих направление вектора магнитного момента к ядру или от ядра) демонстрируют свою устойчивость. Электронные конфигурации атомов, имеющих две и более электронных оболочек, моделируются в виде нескольких кольцеванных фигур, вложенных одна в другую и имеющих общий центр, совпадающий с ядром атома (рис. 12).

Наборы для создания кольцеванных моделей атомов и молекул, как демонстрационные, так и раздаточные, должны позволять моделировать геометрическую форму электронных оболочек, подразумевая наличие электрических и магнитных свойств у электронов, изображаемых цветными кольцами. Окраска моделей, когда она не регламентирована стандартами и принятыми правилами, должна способствовать выделению информативных элементов. Цветовое решение должно соответствовать психофизиологическим особенностям восприятия. Кроме того, окраска отдельных частей модели должна быть аналогична цветам в других средствах, используемых при изучении учебного материала. Наиболее предпочтительны для цветового кодирования следующие цвета: фиолетовый, голубой, зеленый, желтый, красный. Модели должны быть изготовлены из материалов, сохраняющих форму и окраску в течение срока эксплуатации не менее 8 лет. Предпочтительны синтетические полимеры, не выделяющие токсических веществ [91]. Набор изготавливается из стойких пластмасс основных рекомендованных цветов.

В условиях развития системы средств обучения, включающей компьютерные технологии, используемые модели должны иметь возможность быть представленными в виде компьютерных программ и динамических видеообразов (компьютерных фильмов или слайдов). Бурное развитие

компьютерной графики и легкость получения на экране информации в виде псевдо-трёхмерных образов приводит к избалованности сознания и избирательности внимания. В таких условиях для удержания внимания на предмете обучения необходимо создание ярких, взаимосвязанных, быстро развивающихся образов. Образная модель является посредником между чувственно воспринимаемыми объектами действительности и смыслом, значением, понятой сущностью их [142]. Образное мышление позволяет увеличить объем усваиваемой информации за счет использования развивающихся, сменяющих друг друга образов, сопровождающих процесс познания от простого к сложному.

Компьютерное моделирование позволяет добиться высокой скорости смены информационно насыщенных образов, стимулирующих умственную деятельность. Но компьютерные модели пока не могут полностью заменить материальные модели. Осязательные ощущения и возможность проведения самостоятельных и практических работ по сборке и манипуляции материальными моделями остается наиболее действенным способом обучения, который не может быть заменён на компьютерное моделирование. Сильной стороной использования компьютерных моделей является лёгкость и возможность быстрого повторения изученных материалов. Это делается представлением ранее изученных материалов – образов моделей, обобщая и дополняя комплекс обучающих моделей, чем и способствует поставленной цели: формированию целостного знания о строении вещества.

Простота демонстрации устойчивости электронных оболочек в виде кольцегранников позволила реализовать экспериментальную компьютерную программу для обучения строению атома и изучения Периодического закона и Периодической системы химических элементов Д.И. Менделеева. Эта обучающая компьютерно-графическая программа “Глобус атома” содержит

элементы игры и предназначена для использования в 8-10 классах средней образовательной школы. Она сделана под оболочкой «Windows» и адаптирована к различным по быстродействию персональным компьютерам, в зависимости от комплектации школьных компьютерных классов.

Обучающая компьютерно-графическая программа «Глобус атома» состоит из двух частей.

Часть 1 знакомит учащихся с устойчивостью электронных оболочек.

Пользователю предлагается выбрать количество электронов из предложенного ряда от 1 до 32-ух, из которых будет составлена модель электронной оболочки. После выбора на экране появляется изображение соответствующего кольцеградника в контурных линиях. Пользователю предлагается «раскрасить» кольцеградную модель электронной оболочки в два цвета таким образом, чтобы оболочка «не развалилась» при ее проверке на «магнитную устойчивость». Использование двух разных цветов подразумевает наличие у колец, моделирующих электроны, двух различных способов расположения в оболочке, связанных с наличием у электрона магнитных свойств (спин – характеристики «+» или «-»). Проверка правильности раскрашивания осуществляется автоматически по окончании выбора цветов.

Для правильного выбора цвета необходимо соблюдать правила чередования магнитных свойств (спин – характеристик) электронов в оболочке, что отражается различными цветами колец, участвующих в образовании кольцеградника, моделирующего электронную оболочку.

Симметричность кольцеградной фигуры, моделирующей электронную оболочку, является одним из критериев устойчивости оболочки.

Если пользователь убежден, что он не только правильно расставил цвета колец в оболочке, но и верно выбрал число электронов, из которых состоит

симметричная оболочка, он может провести проверку оболочки на устойчивость.

В случае ошибки оболочка разрушается, вращаясь вокруг оси, относительно которой она не является симметричной. Затем следует предложение повторить попытку. Предусмотрен режим демонстрации правильно собранных электронных оболочек: демонстрируется вращение устойчивых оболочек в виде компьютерной мультипликации.

В части 2. «Глобус атома» проводится сборка электронного глобуса атома.

Предлагается распределить все электроны выбранного атома по разным уровням, или возможным оболочкам с учетом заряда ядра.

При наборе электронов на каждую оболочку на экране идет демонстрация ее заполнения.

После окончания распределения электронов по оболочкам предоставляется время для размышлений и исправлений до выбора команды “проверка”.

В случае неправильной сборки происходит демонстрация перестроения электронных оболочек - переходов электронов на другие уровни и правильное их распределение по оболочкам. По окончании демонстрации верного распределения электронов задача предлагается снова: информация о правильном распределении электронов скрывается для предоставления учащимся возможности самостоятельно распределить электроны по оболочкам.

Предусмотрена показательная демонстрация правильной сборки одного сложного атома – радона (Ra). По окончании правильной сборки какого-либо атома, в качестве приза и факта окончания работы идет непрерывная демонстрация правильной “сборки - разборки” верно собранного элемента.

Для удобства оценки результативности работы учеников в обеих частях программы предусмотрен счетчик времени работы и запись лучших результатов и фамилий исполнителей.

Работа с обучающей компьютерной графической программой “Глобус атома” проводилась в УБК №1679 в течение двух учебных сезонов 1995-96 годов и 1996-97 годов с учащимися 8 –11 классов.

Компьютерная программа «Глобус атома» не охватывает всего материала курса физики и химии и поэтому представляет собой лишь часть компьютерной поддержки курса, касающегося электронного строения атома в виде кольцегранников.

Существенным в кольцегранных моделях является возможность демонстрации процесса потери электронами в электронных оболочках своей индивидуальности и их объединение в общий для всей оболочки атома процесс волн электронной плотности. Процесс обобществления электронов можно рассмотреть на примере самой устойчивой оболочки из восьми электронов. В предлагаемой модели под термином “волна электронной плотности” подразумевается не некоторая неопределенная величина типа “плотности вероятности” нахождения всего электрона в определенной области, а определенная форма волнового процесса, составляющего общую электронную оболочку и каждый электрон в отдельности.

Модель оболочки из восьми электронов можно исполнить двумя способами. Первый - это сборка фигуры из четырех колец одного цвета и четырех другого (рис. 2). Второй - та же форма, но из восьми пестрых колец. В ней все кольца трехцветные, а фрагменты колец каждого цвета составляют замкнутые изогнутые линии, огибающие по максимальному радиусу всю электронную оболочку. Каждая из четырех замкнутых линий своего цвета представляет собой изогнутое кольцо, деформация которого соответствует

наличию в кольце трех длин волн. Эти цветные линии расположены симметрично относительно геометрического центра фигуры, в котором должно находится ядро атома (рис. 13). Эти линии геометрически изображают электронные волны оболочки, или волны электронной плотности, соответствующие волновым уравнениям для четырех пар электронов оболочки. Каждая пара образуется электронами с различными знаками спин характеристик.

Такая модель наглядно показывает причину стремления любого атома к завершению электронной оболочки. Причина - это замыкание самих на себя электрических потоков, создающих эквипотенциальную поверхность. Этим достигается их стационарность и отсутствие излучения электромагнитной энергии. Это принципиально важно для объяснения таких «необъяснимых с точки зрения электродинамики» процессов как захват нейтральным атомом электрона с последующим превращением атома в ион.

Демонстрацию замыкания не только электрических, но и магнитных силовых линий можно провести с помощью конструкционного набора "Магеом". Для этого используется кольцегранник из базовых колец: кольца обозначают электроны оболочки, а совмещаемые с ними спиральные замкнутые линии обозначают магнитные силовые линии электронов (рис. 14). Спирали, символически изображающие магнитные силовые линии электронов (также как и электрические, рассматривавшиеся ранее), могут быть обобществлены, включаясь в общий для всей оболочки стационарный процесс. Символически это может быть показано одной линией, обвивающей всю электронную оболочку (рис. 15).

Рассмотрим возможность демонстрации "электроотрицательности" или "сродства к электрону" на примере такого процесса как захват электрона атомом галогена. Захват галогеном, имеющего на внешней оболочке семь

электронов, восьмого электрона, которого не хватает до завершения оболочки, ранее лишь декларировался из-за затруднения корректного объяснения и наглядной демонстрации. На модели (рис. 16) видно как магнитные силовые линии соседних колец - электронов создают вокруг вакантного места в оболочке галогена конфигурацию магнитного поля, аналогичную той, которая создается вокруг каждого электрона. Таким образом, электронами создается “магнитная ловушка”, в которую “попадает” свободный или слабосвязанный электрон из окружения. Аналогичным способом с использованием модели кольцевого электрона с расширенными дидактическими свойствами (электрона в виде контура с окружающими его магнитными силовыми линиями) могут демонстрироваться процессы образования ионов и соединений с различными типами ковалентных связей.

Предлагаемый способ построения моделей электронных поверхностей молекул значителен тем, что объясняет закономерности их формообразования. А это уже новое качество знания.

У геометрической модели электрона в виде кольца с обвивающей его спиралью появляется новая дидактическая функция - наглядная демонстрация отличия частицы от античастицы. Навивающаяся на кольцо спираль может быть как правой (для частиц), так и левой (для античастиц). Зеркальное отражение модели представляет собой модель античастицы. Обычно модель элементарной частицы обозначает лишь факт наличия и расположения частицы в пространстве, при этом остальные ее свойства подразумеваются. Предлагаемая модель позволяет эти “скрытые” свойства демонстрировать.

Кольцегранные, то есть составленные из колец, модели атомных оболочек, наглядны и легко воспринимаются учениками благодаря своей простоте и отсутствию внутренних противоречий. Они позволяют демонстрировать большое число ненаблюдаемых внутриатомных процессов и

обладают важным свойством - они очевидны и могут быть собраны руками обучаемых при использования набора в качестве раздаточного материала. А это облегчает усвоение учебного материала.

Все модели имеют границы применимости. Поэтому совместимость моделей подразумевает не только их взаимную непротиворечивость, но и возможность пересечения границ их применения.

Рассмотрим примеры пересечения границ применимости моделей. При рассмотрении электрона как устойчивой элементарной частицы в процессах, характеризующихся точностью не выше 2\AA (ангстрем), модель электрона в виде точки и модель в виде кольца диаметра 1\AA ведут себя одинаково - они равнозначны. При такой точности моделирования кольцо диаметром 1\AA (10^{-10} м) может изображаться точкой. Например, это могут быть процессы движения электрона как самостоятельной частицы или процессы ионизации. Для моделирования процессов, характеризующихся точностью выше 2\AA , то есть при рассмотрении процессов внутри атома, например, при объяснении целочисленности главного квантового числа, электрон можно изображать волновым кольцом из целого числа волн (рис. 7, 8, 10, 11). Геометрически модель волнового кольца может состоять из двух пересекающихся линий разных цветов. Они обозначают амплитуды синусоидальных колебаний волны, отличающиеся по фазе на 180° . Такая модель не противоречит кольцевой модели электрона. А за счет усложнения изображения добавляет новые возможности описания квантовых состояний электронов в атоме.

В учебнике физики 9 [26] в разделе “Квантово-механическая модель атома” рассмотрена возможность изображения электрона в атоме водорода в виде кольца из целого числа волн, называемых электронными волнами. В учебниках по химии также используется аналогия между состоянием электрона в атоме и состоянием звучащей струны, на которой образуются стоячие волны

[25, с. 73]. Подобное предположение делал еще де Бройль, предлагая мыслить электрон струной, свернутой в кольцо, колеблющейся в вакууме без трения. Де Бройль смог дать новое определение понятия "стационарная орбита" электрона в атоме: это такая орбита, на которой укладывается целое число "волн электрона". Свернув такую струну в кольцо вокруг ядра, мы получаем модель электрона, объясняющую, откуда берутся целочисленные квантовые числа "n" - номера разрешенных орбит электрона в атоме. (Как мы знаем, уравнение Э.Шредингера, представляющее поведение электрона в атоме через некую волновую функцию $\theta(x)$, очень похоже на уравнение колебания струны.)

Такая модель, изображая электроны в виде волновых колец, демонстрирует целочисленность главного квантового числа, характеризующего различные энергетические уровни расположения электронов. Например, на первой орбите (в пределах первой оболочки) электроны находятся в таком энергетическом состоянии, когда в кольце уложено две длины волны (рис. 7), а на второй – три (рис. 8, 9). Эта модель настолько проста и очевидна, что может использоваться для изучения основ квантовой физики и химии не только в классах с углубленным изучением предмета [76, с.160].

Рассмотрение электронов не в виде маленьких частиц, находящиеся в атоме везде и нигде (как облако), а в виде больших колец, которые не летают в атоме, а просто окружают ядро, существенно упрощает мысленную картину атома. Если у атома один электрон - кольцо, то ядро располагается в его центре. При этом один электрон - незакрепленное кольцо может быть настолько подвижным, что нами будет восприниматься как шар. Так же ведут себя и два электрона. Поэтому и один, и два электрона могут быть представлены как аналог шарообразных электронных облаков или орбиталей. Если электронов больше двух, то формы уже будут сложнее: три кольца могут взаимно расположиться под углами 120° , а четыре под углами 109° .

Аналогичные углы можно обнаружить в соответствующих химических соединениях борной кислоты и тетраэдрических соединениях углерода. При построении таких моделей нет необходимости рассматривать гибридизацию электронных орбиталей. Используются только модели электронов в виде колец. Кольца могут деформироваться в электрических и магнитных полях, сохраняя при этом форму замкнутого контура, близкого к кольцу. При использовании такого средства наглядного моделирования нет необходимости использования различных форм электронных облаков и их гибридов. Рассмотрение этих вопросов можно оставить для классов с углубленным изучением химии для изучения распределения электронов по энергетическим уровням [30, 31, 14]. При этом объяснение электронного строения атома существенно упрощается. Электроны заряжены отрицательно и отталкиваются друг от друга. Поэтому в сложных атомах электроны мешают друг другу занять центральное положение и группируются вокруг ядра слоями. Этими слоями являются электронные оболочки. Полностью электронное окружение атома выглядит в виде нескольких кольцеобразных, вложенных один в другой. Устойчивость электронной оболочки демонстрируется на модели симметричностью кольцеобразника, кольца которого мысленно наделяются магнитными свойствами. Магнитные свойства электронов определяют геометрию электронных оболочек, а их геометрия определяет химические свойства соединений. Форма внешней электронной оболочки диктует строгие углы взаимодействия между атомами. Размер атома (его валентный радиус) определяется размером внешней электронной оболочки.

Важнейшим следствием и преимуществом использования новой модели является то, что при изготовлении моделей химических соединений нет необходимости задавать валентные углы - они сами образуются в процессе

построения модели. Это следует из предложения конкретной формы модели электрона и определенных способов моделирования химических соединений.

Собираемые модели не только демонстрируют процесс образования химических связей, но и объясняют причину образования определенных валентных углов. Взаиморасположение моделей атомов объясняется определенной формой электронных оболочек, которая в свою очередь, зависит от геометрии модели электрона и приписываемых электрону физических свойств.

Для демонстрации дидактических свойств кольцеванных моделей рассмотрим пример изготовления модели электронной поверхности молекулы. Известно, что молекула метана характеризуется тетраэдрическими валентными углами. Проследим, как это получается на примере построения её кольцеванной модели. Атом углерода имеет четыре электрона на внешней оболочке, что можно изобразить четырьмя кольцами. Четыре кольца, расположенные в гранях тетраэдра, образуют симметричную фигуру. Но она не является моделью устойчивой оболочки, так как невозможно добиться обязательного чередования двух цветов всех соприкасающихся колец. Кроме того, в этой конфигурации невозможно выделить пары электронов – так называемые «спаренные электроны». В кольцеванных моделях «спаренные электроны» изображаются двумя кольцами, лежащими в параллельных плоскостях с разных сторон от ядра атома (рис. 5, 6). Неспаренные электроны изображаются одиночными кольцами, не имеющими пары «напротив ядра», или цветом: одно из колец пары делается бесцветным. Таким образом, кольцеванная модель оболочки из четырёх неспаренных электронов должна выглядеть в виде фигуры из восьми колец, четыре из которых отсутствуют, или выполнены бесцветными (рис. 1).

Как известно [57], наибольшая положительная степень окисления атома равна числу валентных электронов, которое определяется по номеру группы. Отрицательная степень окисления равна числу неспаренных электронов на внешней оболочке атома данного элемента. У углерода она равна -4 . Кольцевая модель это демонстрирует строением и цветовой кодировкой: четыре кольца – синего цвета и четыре – бесцветных (прозрачных). Наличие бесцветных колец показывает, что оболочка является незавершённой. Элемент с незавершённой оболочкой реакционноспособен. Поэтому углерод образует ковалентные связи, например, присоединяет атомы водорода и образует с их помощью завершённую молекулярную оболочку. Соединение одного углерода с четырьмя атомами водорода – метан (CH_4). Модель молекулы метана изображается в виде фигуры из восьми колец: четыре большего радиуса синего цвета, остальные четыре собраны из желтых более коротких трубочек. Синие кольца изображают электроны углерода, а желтые – атомы водорода (рис. 21). Новые дидактические возможности кольцевых моделей проявляются в том, что материал, предназначенный для обучения в классах с углубленным изучением химии, может быть рассмотрен и в базовом курсе, или материал, изучаемый в 10-х и 11-х классах, может быть рассмотрен ранее. Например, рассмотрение тетраэдрической, но искаженной симметрии молекулы NH_3 [31, с. 50]: «три из четырех отталкивающихся максимумов – электроны на связывающих молекулярных орбиталях (МО), а один – на атомарной орбитали (АО) азота, не принимающий участия в образовании связи. Поэтому реализуется тетраэдрическая симметрия молекулы, но искаженная, и угол HNN , равный 107° , отличается от идеального тетраэдрического. Молекула NH_3 – пирамидальная». На кольцевых моделях это можно показать, не прибегая к сложным объяснениям. Для этого также как и в модели молекулы метана и воды используются кольца различных размеров, отражающие отличие

размеров колец, обозначающих электроны от колец – атомов водорода. Три из восьми колец в фигуре имеют меньший размер, что определяет деформацию фигуры и уменьшение углов Н-Н-Н по сравнению с идеальным тетраэдрическим (рис. 20). А уже как следствие особенностей строения, демонстрируемых на этой же модели, «наличие несвязывающей электронной пары обуславливает полярность молекулы»[128, с. 32].

Аналогичным способом кольцевая модель молекулы воды (структурной единицы воды) демонстрирует уменьшение валентного угла НОН до $104,5^\circ$ за счёт использования при моделировании колец меньшего размера, изображающих атомы водорода (рис. 19). На кольцевых моделях можно демонстрировать и увеличение валентного угла до значения тетраэдрического ($109,5^\circ$) при замерзании воды. Образование симметричной тетраэдрической структуры водородных связей приводит к уменьшению двух из шести колец электронов кислорода до размеров электронов атомов водорода, участвующих в образовании водородных связей (таблицы 4, 9, 11 приложения 4).

Отличительной особенностью такого способа моделирования является наглядность изменений формы электронной оболочки химического соединения при изменении её состава. Например, при моделировании иона OH^- , отличающегося от молекулы воды на один протон – ядро атома водорода, изменения в модели электронной оболочки выразятся в увеличении диаметра кольца, моделирующего акцепторный электрон, придающего отрицательный заряд соединению (рис. 24): его размер (равный остальным кольцам – электронам кислорода) отражает его равноценное участие в оболочке, а его цвет (жёлтый, или отличный от цвета оболочки кислорода) отражает его принадлежность (свидетельствует о том, что этот электрон – акцепторный). Для сравнения приведена модель гидроксильной группы (рис. 23), в которой одно

прозрачное кольцо обозначает вакантное место в оболочке, чем обозначает ее реакционную способность.

Подобные алгоритмы моделирования применимы ко многим соединениям, изучаемым в базовом курсе химии. Приведу ещё один пример: модель этанола имеет угол при центральном атоме углерода (между кислородом и вторым атомом углерода) близкий к тетраэдрическому. Для изготовления молекулы этилового спирта, нужно взять модель метана и заменить два кольца, изображающих атомы водорода, моделями соответствующих радикалов —OH и —CH_3 . В производстве это делается в несколько этапов с помощью катализаторов, или расщеплением более сложных молекул, типа глюкозы. Если это не является целью урока, то при сборке модели специфику производственного процесса можно не упоминать: взять модель метана и убрать два из четырех желтых кольца, присоединяя к освободившимся местам заранее подготовленные модели радикалов: гидроксильной группы в виде модели молекулы воды, у которой не хватает одного желтого кольца (рис. 27) и метила в виде модели молекулы метана, в которой отсутствует одно желтое кольцо (рис. 26). Размеры моделей гидроксила —OH и метила —CH_3 отличаются, из-за небольшой разницы в ковалентных радиусах кислорода и углерода. Поэтому угол между радикалами при центральном атоме углерода незначительно отличается от соответствующего в модели метана, но остается близким к тетраэдрическому (рис. 29).

Также угол, близкий к тетраэдрическому образуется при сборке модели молекулы серной кислоты (H_2SO_4). Эта модель интересна тем, что на ней можно показать отличия среди ковалентных связей. Две из связей серы с кислородом имеют выраженный ионный характер: эти атомы кислорода оттягивают на себя по одному электрону с внешней оболочки атома серы. Это показано цветом: по одному из электронов в этих оболочках имеют не красный

цвет, а тот, которым кодируются электроны серы. Дополнительно наложенное ионное взаимодействие, связанное с локальным перераспределением заряда, приводит сближению оболочек серы и этих двух атомов кислорода, оттянувших по одному электрону от атома серы. Это и приводит к уменьшению длин двух из четырех связей в молекуле H_2SO_4 (рис. 30).

Рассмотрим общие правила построения кольцеванных моделей. В модели электронной поверхности любого ковалентного соединения кольца, символизирующие валентные электроны взаимодействующих атомов, располагаются таким образом, что образуют общую поверхность вокруг нескольких ядер атомов, входящих в соединение. Такую поверхность можно назвать молекулярной оболочкой, общей для нескольких атомов. В модели общей молекулярной оболочки в контакт входят только кольца, символизирующие электроны с различной характеристикой спин. Используя для моделирования кольца двух цветов, надо соблюдать правило: в оболочке должны соприкасаться только кольца разных цветов.

В моделях соединений, образованных атомами одного элемента, из электронных колец образуется поверхность, характеризующаяся одинаковой величиной напряженности электростатического поля системы ядер.

В моделях соединений, образованных атомами разных элементов, кольца - электроны, принадлежащие разным атомам, могут отличаться по диаметрам, отражая разницу в ковалентных радиусах атомов, входящих в соединение. Например, в модели молекулы серной кислоты (рис. 30) кольца желтого цвета, изображающие электроны внешней оболочки атома серы, имеют два размера. Большого размера кольца соответствуют ковалентному радиусу атома серы, а меньшего размера, желтые кольца, участвующие в завершении оболочек двух атомов кислорода, соответствуют ковалентным радиусам атомов кислорода.

Этот переход электронов серы в оболочки атомов кислорода, входящих в соединение, отражает ионный характер этих ковалентных связей.

Общим правилом при моделировании электронной оболочки молекулы, составленной атомами с различными ковалентными радиусами, является расположение колец – электронов в модели таким образом, чтобы изменения напряженности электростатического поля в области контакта электронных оболочек атомов, входящих в соединение были плавные, а не скачкообразные от кольца к кольцу, что соответствовало бы наименьшим изменениям напряженности электрического поля в каждом кольце. В простых моделях это выполняется простым подбором размеров колец, соответствующих ковалентным радиусам, как в модели галогенида углеводорода с различными радикалами - CHClFBg (рис. 31). Равномерное расположение электронов на эквипотенциальной поверхности иногда приводит к деформации всей электронной оболочки (как в молекулах воды, и аммиака) или некоторых колец – электронов, как в модели молекулы циклогексана (приложение 1, 5).

Рассмотрим подробнее правила моделирования форм электронных поверхностей химических соединений с различными типами ковалентных связей в виде кольцегранников.

Моделирование одинарной ковалентной связи.

Электронов внешней оболочки, представленных кольцами может быть от 4 до 7. Кольца располагаются в гранях октаэдра таким образом, что образуют одно или несколько вакантных (пустующих) мест в оболочке, каждое из которых может быть заполнено одним кольцом. Этими вакантными местами соприкасаются входящие во взаимодействие электронные оболочки, образуя общую молекулярную оболочку. В случае взаимодействия с водородным атомом, кольцо, моделирующее электрон атома водорода, заполняет вакантное место (рис. 17 - 23).

Моделирование двойной ковалентной связи.

Как и в случае с одинарной ковалентной связью, электроны внешней оболочки, представленные кольцами, располагаются в гранях октаэдра. Эти кольца (их может быть от 4 до 6 штук) образуют октаэдрическую (восьмигранную) оболочку, в которой отсутствует одна или две пары соприкасающихся колец. Образуются вакансии, которые могут быть заполнены только двумя кольцами. Контакт двух оболочек местами двойных вакансий моделирует образование двойной ковалентной связи между взаимодействующими атомами (рис. 32). Примером может служить молекула кислорода (рис. 33). Модель трехатомного соединения с двойными связями (молекула углекислого газа - CO_2) демонстрирует, что угол при центральном атоме равен 180° (рис. 34).

Тройная ковалентная связь.

Кольца, символизирующие электроны, располагаются вокруг двух взаимодействующих ядер в соответствии с общими правилами построения моделей. В результате образуется фигура из десяти колец (рис. 37). В образовании связи участвуют все электроны углерода, то есть четыре, а не три, как это происходит при образовании одинарных связей. При этом утрачивается октаэдрическая (восьмигранная) симметрия расположения электронных колец вокруг ядра. Положение колец – электронов углерода близко к расположению в гранях куба – то есть под прямым углом, или в перпендикулярных плоскостях. Это совпадает с общепринятым представлением о строении тройной связи: «обе π - связи лежат во взаимно перпендикулярных плоскостях; π - связи в молекуле ацетилена охватывают оба атома углерода так, что они оказываются погруженными в цилиндрическое облако π - электронной плотности; атомы водорода находятся за пределами этого цилиндра» [120, с. 41].

Сопряженные (полуторные, резонансные) ковалентные связи.

Кольца, символизирующие электроны, располагаются вокруг ядра в параллельных плоскостях, параллельно электронам внутренней оболочки. Электроны атомов водорода присоединяются к ним таким образом, что образуют трехгранную призму из колец, внутри которой располагается еще пара колец, параллельных основаниям призмы (смотри таблица приложения 1). Кольца, составляющие грани призмы, могут своим отсутствием (одного, двух или всех трех) представлять вакансии, по которым образуются связи. Внешняя молекулярная оболочка бензола моделируется двумя плоскостями, составленными из колец – электронов углерода, ограниченными присоединенными к ним под прямым углом кольцами - атомами водорода (рис. 36). Параллельное расположение колец – электронов углерода (рис. 35) приводит к двум следствиям: сокращается длина связи между атомами углерода, по сравнению с простой ковалентной связью и увеличивается расстояние между электронами внешней оболочки и ядром атома за счёт взаимного отталкивания трёх пар электронов, расположенных в параллельных плоскостях (аналогично расположению s- орбиталей). Оба эти следствия подтверждаются экспериментально: значением длин связей в молекулах ароматических соединений и тем, что максимумы электронной плотности p- орбиталей расположены ближе к ядру, чем для s- орбиталей [67]. Взаимное расположение вакансий в полученных кольцевидных фигурах определяет углы образования химических связей в соединениях, а размеры колец позволяют определять геометрическим построением межъядерные расстояния. Размеры колец определяются величиной напряженности электростатического поля ядра (или системы ядер взаимодействующих атомов), взаимным влиянием внешних и внутренних электронных оболочек и геометрическими особенностями расположения электронов - колец в оболочке.

В современных методиках преподавания химии принято одинарные связи характеризовать как σ -связи, а двойные и резонансные (ароматические) как комбинацию σ - и π -связей. В эту систематику плохо вписываются связи с неявно выраженным характером: сильно поляризованные ковалентные связи, или ковалентные с ионным характером, а также ароматические. И. Н. Чертков обращает внимание на существующий парадокс: в неорганической химии, как в науке и учебном предмете, степень окисления – одно из основных понятий, а в органической химии – нет. Для органической химии важна не степень окисления, а смещение электронной плотности [130, с. 31].

Предлагаемый способ моделирования электронных оболочек в виде кольцегранников представляет собой общий подход к объяснению процесса образования химических связей. Рассматривается процесс образования общей молекулярной оболочки. И в зависимости от числа электронов на внешней оболочке образуются различные виды связей. Это рациональный и более современный способ объяснения. Общепринятые условные обозначения связей также можно использовать и даже демонстрировать с помощью предлагаемых моделей. Например, размер тора (кольца), моделирующего электрон, зависит от расстояния до ядра атома: чем ближе к ядру, тем меньше, дальше от ядра – больше. Различные его возможные положения около ядра описывают форму, близкую к конусу, направленному к ядру, а второй электрон, противоположного знака спин, описывает встречный ему конус. В сумме эти состояния пары электронов приблизительно описывают так называемую “гантелевидную форму”. Соответственно сечение этой гантелевидной формы эквипотенциальной поверхностью (или полый сферой) будет выглядеть как пара колец (или круговых сегментов), окружающих ядро. Связь в предлагаемой модели образуется по вакантному месту в оболочке, то есть вдоль оси этой “гантелевидной формы”, в которой не хватает одного электрона.

В ароматических соединениях типа бензола σ - связи также образуются по вакантным направлениям. А перпендикулярные им π - связи демонстрируются расположением колец, изображающих электроны углерода, в одной плоскости (см. рис. 36). Так называемое их “перекрывание” заключается в контакте соприкасающихся колец, моделирующих электроны. Направление образования связи перпендикулярно плоскости, в которой находится кольцо – электрон. Поэтому в моделях направления образования связей σ - и π - также можно считать перпендикулярными. Это не противоречит, а иллюстрирует традиционное определение «перекрывания электронных облаков атомных орбиталей двух атомов: σ - «лобовое» и π - «боковое». Электронное строение очень многих (но не всех, конечно) молекул можно описать в рамках представлений о ковалентной связи, осуществляемой общей для двух атомов парой электронов. Как отмечал В. И. Дайнеко [37, с. 38], «пользуясь этим представлением, нельзя забывать, что оно является приближением и применимо далеко не всегда. Например, с его помощью нельзя описать строение таких несложных молекул, как SF_4 , IF_3 . Здесь и в других подобных случаях надо пользоваться более глубокими квантово-химическими методами». Кольцегранные модели и в этом случае могут упрощенно заменить сложные для преподавания квантово-химические методы. Модели соединений SF_4 и IF_3 изготавливаются по общему вышеизложенному алгоритму, изложенному выше. Отличительной чертой этих соединений будет использование в качестве общей молекулярной оболочки кольцегранника из десяти колец, а не из восьми как в большинстве случаев. Из десяти колец в соединении SF_4 шесть принадлежат атому серы, а четыре являются вакантными местами, по которым образуется ковалентная связь с атомами фтора; аналогично и в IF_3 - семь принадлежат атому йода, а три являются вакантными местами, по которым образуется ковалентная связь с атомами фтора.

Также весьма сложным и декларативным является общепринятое объяснение неустойчивости молекулы S_2 : «Для серы как элемента, расположенного ниже второго периода, (p – p) π -связи энергетически не выгодны и, следовательно, двухатомные молекулы $S=S$ неустойчивы» [112, с. 9]. Использование кольцеванных моделей позволяет упростить изложение, сделав его более наглядным. Сера, являясь гомологом кислорода, отличается наличием внутренней оболочки из восьми электронов. В моделях это изображается кольцеванником из восьми колец в качестве предвнешней оболочки (рисунок в таблице приложения 1). Очевидно, что при попытке изготовления модели молекулы $S=S$, аналогичной $O=O$ (рис. 33), внутренние кольцеванники (смотри таблица приложения 1) ориентированы таким образом, что вынуждены соприкасаться рёбрами октаэдров (в которые вписаны кольцеванники, а не гранями, в которых расположены кольца). Такое тесное соприкосновение, вызывает электрическое отталкивание, а положение механически неустойчивое вызывает отсутствие магнитного взаимодействия, обеспечивающего прочность химической связи. Таким образом, наличие внутренней оболочки затрудняет образование связи $S=S$, что может демонстрироваться кольцеванными моделями.

Благодаря расширенным дидактическим возможностям: простота, наглядность, широкий диапазон применения, кольцеванные модели можно вводить в процесс обучения в качестве необходимых моделей, дополняющих традиционные.

2.3. Характеристика комплекта моделей для изучения строения веществ.

Исторически сложилась последовательность использования моделей атомов, молекул и составляющих их элементарных частиц, используемая в современной системе обучения. По мере продвижения научного познания и совершенствования науки развиваются, уточняются и обогащаются её понятия [58]. Уже давно наступило время внедрения системного подхода. Системный подход проявляется в системно-структурном и структурно-функциональном анализе понятий и их систем при изучении сложных химических объектов как целостных формирований. Одним из путей интенсификации обучения химии и формирования систем понятий является структурирование понятийного содержания с целью его сжатия, упорядочения и выделения оптимальных вариантов важнейших систем понятий курса [58]. Вместе с понятийной базой системно развиваются и средства обучения, появляются новые модели. Наглядные модели, как существенная составная часть средств обучения, тоже должны быть объединены в систему для использования в качестве необходимого дополнения в комплексе моделей.

Использование новых моделей электронов, атомов и молекул является естественным дополнением уже существующего компонентного состава моделей по химии. Особенности конструкций моделей и наглядная форма их представления указаны в таблице 2.1. Таблица представляет собой фрагмент таблицы 8 из [73, с.99], или ранее [28, с.18], дополненный нами с учетом новых моделей электронов, атомов и молекул.

Таблица 2.1

Определение компонентного состава моделей по химии

N	Моделируемый объект	Моделируемая сторона объекта	Вид модели
1	Электрон	Размеры электрона определяют размеры атома. Свойство спин электрона – аналог наличия у него магнитных свойств, или аналог механического момента вращения.	Гибкое кольцо; кольцо магнитное или с символикой выделения направления движения (или наличия магнитных свойств); кольцо с навитой на него спиралью.
2	Атом, ион	Относительные размеры, строение атома (состав и внутренняя организация), ионные радиусы.	Кольцевые модели электронных оболочек атома, модели-аппликации на магнитной основе, фишечные модели, электрифицированные модели - табло.
3	Молекула	Образование химической связи, пространственное строение (валентные углы, направление связей), форма молекулы (атома)	Модели-аппликации на магнитной основе, модели атомов со стержнями (скелетные модели), объемные модели (кольцевые модели, модели Стюарта)
4	Кристалл	Внутренняя организация, направление связей, кристаллические решетки: ионная, атомная, молекулярная, металлическая (кубическая, объемно-центрированная, гранецентрированная, гексагональная)	Модели кристаллических решеток сухого льда, L-железа, меди, магния; Кольцевые модели фрагментов кристаллических решеток, поваренной соли, алмаза, графита.
5	Химическая реакция	Сущность химической реакции (механизм).	Модели - аппликации, кольцевые молекулы, модели для графопроектора.

Использование кольцевых моделей необходимо в VIII - XI классах при изучении тем: "Периодический закон и Периодическая система химических элементов Д.И.Менделеева. Строение атома. Химическая связь. Строение веществ".

Для изготовления и использования новых моделей электронов, атомов и молекул может служить набор «Магеом», «Кольцеванник» или разработанный демонстрационный «Набор для сборки кольцевых моделей атомов и молекул». Благодаря размерам собираемых моделей (масштаб увеличения 1 млрд.) набор «Магеом» более подходит для его использования в качестве демонстрационного. Однако, как отмечают педагоги [104], требуются также и раздаточные материалы, применение которых повышает эффективность обучения, облегчает осмысление изучаемого материала. В современных условиях для увеличения доли самостоятельных работ учащихся необходимо создание специализированного набора для изготовления объемных моделей атомов и молекул. Подобный набор разработан в виде раздаточного варианта «Набора для сборки кольцевых моделей атомов и молекул». Он является расширенным аналогом набора «Кольцеванник». Для удобства использования его в качестве раздаточного размер моделей уменьшен в два раза, благодаря повышению пластичности трубочек.

Наборы для изготовления кольцевых моделей универсальны (они позволяют проводить сборку необходимых моделей) и в одностороннем порядке технологически совместимы: раздаточный набор «Кольцеванник» и «Набор для сборки кольцевых моделей атомов и молекул» для самостоятельной работы учащихся при изучении базового курса химии в общеобразовательной школе совместимы с демонстрационным набором «Магеом».

Преимуществом набора для изготовления кольцегранных моделей являются его широкие возможности, позволяющие моделировать электронные поверхности молекул. Набор также может использоваться для специализированного практикума при углубленном изучении химии.

Набор обеспечивает быструю и наглядную демонстрацию строения атомов и молекул на уроках и возможность самостоятельного моделирования учащимися на уроке и во внеурочное время при изучении следующих тем:

- изучение элементов 4, 5, 6, 7 групп главной подгруппы периодической системы;
- основные классы неорганических соединений: оксиды, кислоты, основания, соли;
- органические вещества: предельные и непредельные углеводороды, спирты, амины, оксиды.

Набор включает различные детали, позволяющие моделировать электронные оболочки различных атомов и молекул. Деталью набора являются трубочки разных цветов одного диаметра и различной длины, а также соединительные элементы в количестве, необходимом для сборки.

Набор "Магеом" состоит из пластмассовых трубочек четырех цветов трех длин и четырех комплектов соединительных элементов разных видов (см. вкладыш в наборе): главные элементы (для создания кольцегранных фигур), вершины (для сборки вогнутых фигур), вспомогательные элементы и элементы в виде сложных крестов (для сборки совмещенных и взаимопересекающихся фигур). Набор прост в обращении, для работы с ним требуются линейка и ножницы.

Набор «Кольцегранник» состоит из фрагментов трубочек (длина 20 см, диаметр 4 мм) и соединительных деталей, укомплектованных в количестве, необходимом для сборки двух, трёх электронных оболочек атомов, или одной,

двух моделей молекул. Также как и в набор «Магеом» в набор «Кольцегранник» не входят детали, специально предназначенные для изображения ядер атомов, образующих молекулы.

Спроектирован "Набор для сборки кольцегранных моделей атомов и молекул". Этот специализированный набор состоит из трубчатых и соединительных элементов, укомплектованных в количестве, необходимом для проведения любой из необходимых самостоятельных лабораторных и практических работ. Описание работ, проводимых с использованием кольцегранных моделей, сведено в таблицу и находится в приложениях 1 и 2.

Данные об элементах, используемых в специализированном наборе, сведены в таблицу 2.2.

Таблица 2.2

Набор деталей для сборки кольцегранных моделей атомов и молекул

N	ЦВЕТ	ДЛИНА элемента	КОЛ-ВО	ДЛИНА общая	ДЕТАЛИ					
					Соедини тельные	Вспомо гатель- ные	Кольцо	Ядра		
i	Y	X								
1	чёрный	20 (18)	12	2.40	12	24	3		6	2
2	белый	13	14	1.82	14			6		
3	красный	15	12	1.80	12	24	2	4		2
4	синий	16.5	5	0.85	5	12	(3)			
5	зелёный	22	7	1.54	7	12	1			
6	жёлтый	24	6	1.44	6	12	2	2		
7	прозрачный			1.87						
8	серый	14	10	1.40	8	12				
Всего:				13 м	64	96	8(11)	12	6	4

Материалом для изготовления деталей набора является пластмасса (поливинилхлорид, полипропилен, др.).

Конструкция комплектующих деталей набора обеспечивает быструю, удобную сборку необходимых моделей. Все комплектующие детали могут быть размещены в одной укладке в соответствующих ложементах.

Гарантийный срок службы набора - не менее 2-х лет. Средний срок службы - не менее 10-ти лет.

Набор снабжен методическими рекомендациями по сборке и использованию моделей молекул.

Хранить наборы можно в лаборантском помещении. При необходимости некоторые сложные в сборке модели хранятся в собранном виде рядом с шаро-стержневыми или вывешиваются в кабинете в качестве наглядных пособий.

Выводы к главе 2.

1. В соответствии с принципом научности и адаптации научных данных для обучения необходимо ввести в процесс обучения новые модели атомов и молекул, полученные на основе модели электрона в виде гибкого тора (или кольца), имеющего или обозначающего цветом наличие магнитных свойств.

2. Сформулированные педагогико-эргономические требования к моделям, как общие, так и специфические, позволили установить, что предложенная модель электрона в виде тонкого тора, или кольца и обладает новыми дидактическими возможностями, как и получаемые с её помощью кольцегранные модели атомов и молекул. Новые модели отличаются рядом преимуществ: отсутствие внутренних противоречий, удобство использования, совместимость с другими моделями, высокая наглядность, повышенная информативность.

3. Использование модели электрона в виде кольца или тора представляет нам новые дидактические возможности. Сразу несколько моделируемых сторон объекта можно отобразить с помощью этой перспективной модели:

3.1. Изображая элементарную частицу кольцом, мы имеем возможность демонстрации корпускулярно-волнового дуализма. Кольцо, символизирующее волновой процесс циркуляции распределенного заряда по замкнутому контуру, демонстрирует волновую природу частиц, а корпускулярные свойства частиц объясняются ограниченностью этого процесса в пространстве.

3.2. Благодаря наглядности модели, свойства, проявляемые электроном в атоме и описываемые ранее как постулаты Бора и Принцип Паули, становятся настолько очевидными, что не требуют постулирования - достаточно описания и демонстрации. В стационарном состоянии

частицы представляются волновыми процессами, ограниченными эквипотенциальной поверхностью, внутри которой движение заряда не приводит к излучению. Излучение происходит только при переходе из одного стационарного состояния в другое, отличающееся другим энергетическим уровнем.

3.3. Модель электрона в виде закольцованной стоячей волны отражает состояние электрона, характеризующееся главным квантовым числом.

3.4. Модель электрона в виде кольца с обвивающей его спиралью, демонстрирует магнитные взаимодействия электронов в атомных оболочках и позволяет обозначить отличие частицы от античастицы.

4. Благодаря широким дидактическим возможностям (простота, наглядность, широкий диапазон применимости, совместимость с общепринятыми понятиями о формах и видах связей) кольцевые модели можно вводить в процесс обучения в качестве необходимых моделей, дополняющих традиционные. При этом материал, предназначенный для обучения в классах с углубленным изучением химии, может быть рассмотрен и в базовом курсе, или материал, изучаемый в 10-х и 11-х классах, может быть рассмотрен ранее.

5. Определён и дополнен компонентный состав моделей по химии. Предложен специализированный набор для сборки кольцевых моделей атомов и молекул. Дана характеристика комплекта моделей для изучения строения веществ, отражающая необходимость внедрения системного подхода использования моделей в процессе обучения.

Глава 3. Организация использования комплекса моделей при изучении строения вещества в курсе химии средней школы.

3.1. Методические возможности использования комплекса с включением кольцеванных моделей при изучении строения веществ в курсе химии средней школы.

Важным приёмом обучения является максимальное использование возможностей демонстрации. Не рассказы об устройстве атома, а модельная демонстрация создают эффект реальности объекта изучения - атомов и молекул. Большое значение модельным объяснениям приписывал Штофф В. А. [137, с. 257]: «Модельные объяснения с методологической точки зрения могут рассматриваться как вехи или этапы на пути к достоверному, истинному и теоретически более адекватному объяснению». Как отметил Пидкасистый П. И. [85, с. 85]: «Одно дело описывать что-то, а другое – объяснять... Для описания используются одни способы, а для объяснения другие». Для объяснения необходимы простые и быстро сменяющие друг друга образы изучаемого объекта. Образы, создаваемые материальными моделями и мысленные образы-модели используются совместно, преследуя цель создания единого дидактического образа изучаемого объекта. В качестве материальных могут использоваться различные модели как традиционные (шаростержневые, Стюарта, масштабные), так и новые, кольцеванные.

Анализ, проведенный в главе 1, показал, что для полноценного усвоения учащимися разнообразной информации, связанной со строением атома, недостаточно использования традиционных моделей. При использовании в процессе обучения различных по сложности моделей (таблица 1.2) у учащихся

общеобразовательных заведений образуется брешь в знании о строении атома, связанная с дистанцией между малой информационной ёмкостью в области электронного строения традиционно используемых моделей (скелетные, шаро-стержневые, масштабные) и резко возрастающей сложностью использования орбитальных моделей. Образуется разрыв между принятым базовым уровнем обучения классов общеобразовательной школы и существующей необходимостью изучения физики и химии в свете современных научных представлений о строении атома. Таким образом, идейная несовместимость моделей молекулярных орбиталей с более простыми традиционными моделями приводит к необходимости углублённого изучения, что не предусмотрено в некоторых курсах, например, в классах гуманитарного профиля.

Встает проблема приведения содержания в соответствие с принципами не только историчности, но и научности, фундаментальности, адаптивности и технологичности.

С другой стороны, сложность и разрозненность знания, а местами и его противоречивость в части, посвященной устройству атома, является отражением исторического пути развития научных знаний (проходившего вовсе не линейно и не так последовательно, как это излагается в учебниках). С этой особенностью развития научно-технических знаний важно ознакомить учащихся с целью достижения полноценного формирования их мировоззренческой позиции.

Сейчас в школьной программе важнейший вопрос устойчивости электронных оболочек, формирующих вид Периодической системы химических элементов Д. И. Менделеева, освещается недостаточно, то есть это делается декларативно, без достаточных доказательств, убеждения на опыте и закрепления в эксперименте. Рассмотрение этого вопроса фактически

замалчивается из-за отсутствия простых моделей и ограниченности изобразительных возможностей, позволяющих объяснить доступно, без избыточной сложности особенности, присущие орбитальным моделям. Таким образом, мы видим, что недостатки в содержании обучения являются следствием чрезмерной сложности методов и средств обучения, связанных не только с ограниченностью изобразительных средств, но и с несоответствием используемых моделей современному научному знанию.

Как было рассмотрено в главе 2, во второй половине XX века появились новые научные модели, аккумулирующие в себе новое содержание, которое не содержат в себе исторические и ныне используемые в обучении модели. Эти новые модели привносят с собой новые формы и средства обучения, использование которых позволяет откорректировать содержание, вернуть в программу обучения вопросы, которые ранее были сложны для изучения, но являлись необходимыми для формирования информационного горизонта и мировоззрения. Речь о наглядном и практическом изучении таких вопросов, как устойчивость электронных оболочек в атоме, наглядное, а не декларативное освещение таких принципиальных тем химии как Периодический закон и формирование Периодической системы химических элементов Д. И. Менделеева, образование электронных поверхностей атомов и химических соединений.

До сих пор в программе обучения остается не освещаемый в должной мере круг вопросов, а именно: конфигурация, состав и свойства электронных оболочек атома. А ведь именно особенности электронного строения атома определяют химические свойства элементов и их соединений, характер взаимодействия и динамику образования связей. До сих пор в обучении используются либо чрезмерно упрощенные модели, не отражающие строения электронных оболочек, либо модели академического уровня сложности (метод

молекулярных орбиталей, рассматривающий относительное смещение электронной плотности), которые трудны и сложны для обучения даже в упрощенном варианте. Нет никакой связи между моделью электрона в виде точки, двигающейся в атоме, и орбитальной моделью, оперирующей туманными понятиями, типа «электронное облако», «смещение электронной плотности». Это является одновременно и проблемой изложения знаний для учителей и проблемой получения и усвоения знаний для учащихся. Не хватает простой и наглядной модели, позволяющей объединить эти взгляды, позволяющей совершиться переходу, а не перескоку знания из одной формы в другую. Взаимная противоречивость моделей в базовом обучении приводит к парадоксальности знания. А потенциальный раскол мировоззрения при использовании несовместимых моделей приводит к их делению на реальные и нереальные модели, находящиеся в антагонизме. Это скорее приводит к неправомерному редуцированию знания, а не его полноценному усвоению.

Носителем знаний разного уровня сложности об устройстве атома и его свойствах может являться модель кольцеванных электронных оболочек. Её методическая простота и доступность позволяет использовать её в общеобразовательной школе, в том числе и в классах гуманитарного профиля, а её вариативность и возможность использования усложнённых моделей (узнаваемо кольцеванных: волногранных, или из замкнутых в кольцо спиралей) позволяет её использовать и в классах углубленного изучения. Таким образом, появляется модель, обладающая свойством «узнавания» учащимися разного уровня информированности, имеющая достаточно широкий спектр дидактических свойств, чтобы объяснять круг изучаемых вопросов на протяжении изучения всего школьного курса.

Кольцеванные модели могут использоваться на протяжении преподавания всего курса химии, с самого начала изучения Периодического

закона. Это связано с тем, что в восьмом классе Периодический закон и периодическая система химических элементов Д. И. Менделеева изучаются одновременно с ознакомлением учащихся со строением атомов элементов первых четырёх периодов. При этом не даётся характеристика разных форм электронных орбиталей (или облаков). Изучение строения электронных орбиталей может быть перенесено в углубленный курс, или ограничиться ознакомлением учащихся с вариативностью их форм. Основной упор в изучении должен быть сделан на распределении электронов, составляющих оболочку атома на соответствующих уровнях [68].

Это дает учащимся возможность сформировать долгосрочное знание о строении атома, которое не входит в противоречие с более сложными орбитальными моделями. Таким образом, при продолжении изучения химии, углублении знаний, или даже при выборе химической специализации, эти модели позволяют воспринимать новое знание как развитие уже имеющихся знаний, а не их замену, то есть сохранит преемственность знания. Это поможет сохранить целостность мировоззрения, избежать разделения на мир реальный и «мир науки», современной катастрофы «парадоксальности» знания; это сохранит культуру использования научно-технического знания, а не его отторжения как чужеродного и непонятного. Многим известен пример того, как на первом году обучения в высшей школе из уст преподавателя часто звучит фраза: «Забудьте всё, что вы учили в школе. Приступим к обучению заново». Это не просто признание бесполезности школьного знания в некоторых разделах изучения сложных понятий. Переучивание считается труднее обучения. Значительно лучше не торопиться и достигать больших целей малыми средствами. Иначе говоря, незначительные изменения содержания и отражающие их формы, методы и средства обучения значительно выгоднее полного переучивания.

Проблема неполноценности содержания обучения, порожденная либо малой информационной ёмкостью, либо сложностью и избыточной противоречивостью традиционно используемых моделей, может быть решена фрагментарным изменением содержания, связанным с введением в обучение новых моделей. Эти изменения и ожидаемые результаты кратко представлены в таблице 3.1.

Таблица 3. 1

Изменением содержания обучения и ожидаемые результаты

Изменения в содержании	Способы и средства достижения результата	Достижимый результат
1. Связать движение электрона в виде точки в планетарной модели атома с движением фазы распределенного отрицательного заряда по замкнутому контуру в электронной оболочке атома.	1. Изображение электрона в атоме гибким кольцом (или замкнутым контуром), размер которого определяет размер атома. Используются кольца разного цвета, двуцветные, магнитные, кольца с символическим обозначением направления движения, фрагменты колец.	1. За счёт совмещения корпускулярно-волновых свойств электрона в одной модели избегаем множественного переопределения электрона, то в виде точки, или маленького шара, то в виде орбитали или электронного облака.
2. Дать определение спин электрона (присущего электрону свойства внутреннего вращения), связав его с движением заряда электрона внутри атома по замкнутому контуру, сообщаящее электрону магнитный момент в атоме.	2. Изобразить спин в виде вектора, приложенного к центру кольца, изображающего электрон, перпендикулярно его плоскости. Направление вектора определяется в зависимости от направления движения заряда по кольцу по правилу буравчика.	2. Наглядное и простое обозначение свойства внутреннего вращения электрона – спин избавляет от противоречия между наличием движущейся заряженной частицы в атоме и отсутствием излучения, которым должно сопровождаться её движение.
3. Открывается новая возможность рассмотрения взаимодействия электронов внутри атомной оболочки (в виде упрощенных моделей электрона в виде кольцевых магнитов или замкнутых контуров с током).	3. Использовать для моделирования оболочек магнитные кольца, или кольца двух цветов (красного и синего), или же двуцветные кольца (красно – синие), обозначающие магнитные свойства модели электрона, аналогично кольцевому магниту.	3. Наглядная демонстрация образования в атоме устойчивых оболочек («электронных поверхностей» вокруг ядра атома), а также возможность проведения модельного эксперимента проверки их устойчивости. Объясняются ранее постулируемые свойства устойчивости оболочек.
4. Рассмотрение стремления оболочек к завершённой форме как следствия взаимодействия электронов в оболочке	4. Построение кольцевых моделей электронных оболочек из моделей электронов в виде колец с учётом чередования их свойства спин,	4. Возможность показа как устойчивых (завершённых), так и незавершённых оболочек. Демонстрация зависимости свойств элементов от вида его

с учетом их свойств «спин» и стремления к образованию наиболее правильных симметричных форм.	обозначаемого цветом колец. Модельный эксперимент выявления наиболее устойчивых оболочек в атоме.	электронной оболочки. Объяснение понятия периодичности на примере заполнения электронных слоёв в атоме.
5. Моделирование процессов образования ионов из нейтральных атомов, определяемое взаимно-действием электронов в оболочках атома.	5. Составление объёмных моделей ионов из плоских колец (моделей электронов)	5. Объяснение и модельная демонстрация процессов образования ионов с завершёнными оболочками из нейтральных атомов с незавершёнными оболочками.
6. Пространственное моделирование электронных поверхностей молекул с различными видами связей.	6. Проведение фронтальных работ построения моделей молекул в виде модельных экспериментов.	6. Демонстрация и объяснение образования ковалентных полярных и неполярных связей. Изучение особенностей их электронного строения.

Как было показано в главе 2, простые кольцевые модели, в которых все электроны обозначаются кольцами, хорошо выполняют функции наглядных моделей. Кольцевые модели электронных оболочек атомов и молекул используются для изучения строения веществ, их физических и химических свойств, а также для геометрической интерпретации и демонстрации механизма образования различных видов ковалентных связей. Это предоставляет нам возможность более рационально организовать занятия с использованием кольцевых моделей по основным темам и разделам курса химии 8 – 11 классов, в частности при изучении следующих тем: Периодический закон и периодическая система химических элементов Д. И. Менделеева; Строение атома; Химическая связь; Строение веществ; Общие свойства металлов; Основные классы неорганических соединений: Кислоты, оксиды, основания, соли; Органические вещества: предельные и непредельные углеводороды, ароматические углеводороды, спирты и фенолы, амины. Формы обучения традиционны и различны: процессы усвоения информации происходят через объяснение и демонстрацию учителем, через лабораторные фронтальные опыты и самостоятельные работы (лабораторные, практические и экспериментальные, коллективно - творческие).

Кольцевые модели могут быть использованы в качестве демонстрационных моделей, используемых учителем при объяснении строения атома и электронных оболочек, его составляющих. Однозначное соответствие в моделях колец электронам позволяет наглядно на доступном геометрическом уровне демонстрировать устойчивость именно тех электронных оболочек, которые определяют вид периодической системы химических элементов Д.И. Менделеева. В качестве примера представим деятельность учителя в случае демонстрации устойчивости электронных оболочек на схеме 3.1.

Кольцевые модели являются новыми и стали использоваться относительно недавно, поэтому большое внимание следует уделять иллюстративному материалу и интерактивной форме его подачи.

При возможности демонстрацию кольцевых моделей можно проводить после видео-просмотра фрагмента учебного фильма «Путешествие в Наномир», подготовленного студией «Центрнаучфильм» в 1994 году. В рекомендованном фрагменте этого фильма используются кольцевые модели для рассмотрения строения атома и химических веществ.

В школах, оборудованных компьютерными классами, фронтальные работы по теме «Строение атома» рекомендуется проводить в компьютерном классе. Для ознакомления и закрепления знаний об электронном строении атома рекомендуется провести одно или более компьютерных занятий с обучающей игровой программой «Глобус атома», состоящей из двух частей: первая знакомит учащихся со всеми возможными устойчивыми электронными оболочками атомов в виде кольцевых моделей, а вторая часть посвящена моделированию полного электронного строения любого атома. Разработаны также и демонстрационные компьютерные графические программы ознакомительного характера, изображающие электронное строение оболочек атома в виде кольцевых моделей.

Схема 3. 1

Возможности комплекса с включением кольцеванных моделей при формировании понятия устойчивости электронных оболочек



Кольцеванные модели могут быть изготовлены с помощью специальных наборов. Например, для изготовления демонстрационных моделей может использоваться набор для конструирования "Магеом". Для использования в

качестве раздаточного материала на уроках химии и физики, затрагивающих вопросы электронного строения атома или соединений атомов лучше использовать набор «Кольцегранник» - прототип специализированного набора для использования на уроках химии: «Набор для сборки кольцегранных моделей атомов и молекул». С его помощью можно изготавливать наглядные модели атомных и молекулярных оболочек различных веществ.

При отсутствии возможности видео-просмотра или проведения компьютерных занятий, а также с целью лучшего усвоения учебного материала в приложении 1 к данной работе помещена таблица, облегчающая ознакомление учителя со способами сборки и работы с кольцегранными моделями электронных оболочек атомов и молекул, собираемыми с помощью демонстрационного набора «Магеом». В приложении 2 помещён примерный перечень лабораторных и практических работ по неорганической и органической химии, проводимых с использованием кольцегранных моделей при изучении курса химии в средней школе, а также примеры нескольких раздаточных карт для учащихся и методические рекомендации для учителей, включающие ответы на контрольные вопросы раздаточных карт.

Для проведения фронтальных работ по моделированию электронных оболочек атома рекомендуется использовать раздаточные наборы «Кольцегранник» и собирать двуцветные модели электронных оболочек. Также практические работы используются для изучения вопросов возникновения химических связей и образования молекул. Примерами могут служить фронтальные работы по моделированию простейших соединений воды, метана, а также практические и экспериментальные (приложения 2, 4).

3.2. Методические приёмы использования комплекса моделей с включением кольцевидных моделей для демонстрации и проведения практических работ по неорганической и органической химии.

Новые кольцевидные модели нуждаются в сопровождении новыми методическими приёмами их использования для изучения строения вещества в средней школе.

Для соблюдения преемственности в изучении строения вещества введение новых моделей в содержание должно осуществляться совместно с ранее известными знаниями в проблемно – исследовательском плане, чтобы учащимся стало понятно, что ранее используемые модели не объясняют всех свойств изучаемых объектов, а иногда и взаимно противоречат друг другу.

Ранее в главе 2 (пункт 2. 3) были изложены требования и дана характеристика нового компонента комплекса – кольцевидных моделей.

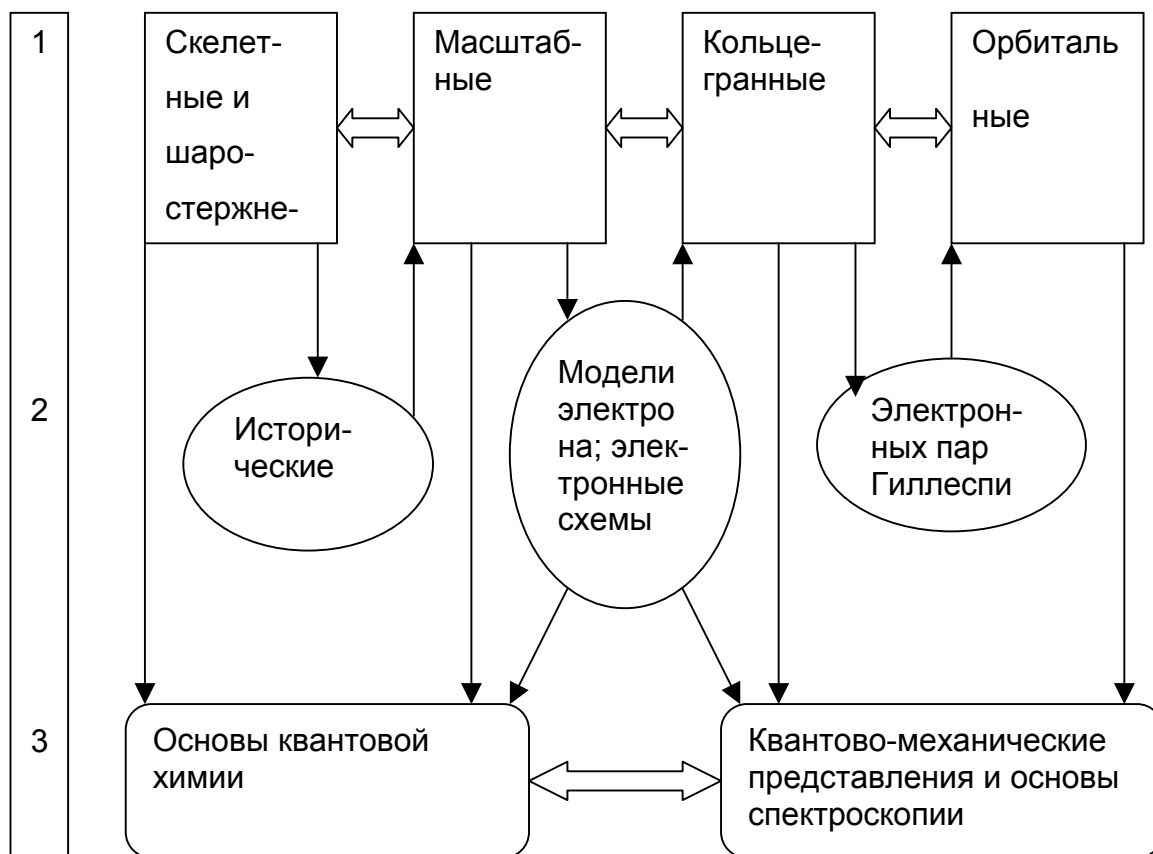
В целом состав комплекса представлен на схеме 3.2 и включает различные виды традиционных и новых моделей. На схеме показаны варианты комплекса разной глубины изучения темы:

1. Сокращённый (для гуманитарных специальностей);
2. Для изучения химии в средней школе;
3. Для углубленного изучения.

Цель деятельности методиста: опираясь на науку и обобщение передового опыта, помогать учителю правильно строить педагогический процесс, вооружать эффективными средствами обучения и воспитания; результат деятельности: методические рекомендации, предписания, разработки [102].

Схема 3.2

Состав комплекса моделей атомов и молекул
для изучения строения вещества в курсе химии средней школы



Наборы средств модельной наглядности			
Набор моделей атомов со стержнями для составления моделей молекул	Набор для составления объёмных моделей молекул (по Стюарту – Бриглебу)	Набор для моделирования строения атомов и молекул «Кольцегранник»	Набор орбитальных моделей
Пособия на печатной основе		Экранные средства	
Таблицы	Схемы, плоские аппликации	Видеозаписи	Компьютерные модели и программы

Рассмотрим методические приёмы использования комплекса моделей на примере изучения строения веществ. Примерное тематическое планирование содержания материалов программы раздела «Строение вещества. Химическая связь» представлено в таблице 3.2.

Таблица 3.2

Примерное тематическое планирование содержания материалов
программы раздела «Строение вещества. Химическая связь»

№	Содержание вопроса	Методические приёмы и организационные формы обучения	Использование комплекса и его компонентов
1	Исторические модели строения атома	Рассказ и демонстрация сложного строения атома, его ядра и электронных оболочек.	Таблица 1. «Исторические модели строения атома». Разные модели атома.
2	Состав и важнейшие характеристики атома. Устойчивые электронные оболочки.	Модельный эксперимент по проверке устойчивости электронных оболочек, проводимый с помощью раздаточного набора «Кольцеграфик». Компьютерный урок с использованием демонстрационных или обучающих программ.	Таблица 2. «Строение атома». Раздаточный набор «Кольцеграфик». Обучающая компьютерная программа «Глобус атома» часть 1.
3	Периодический закон и периодическая система химических элементов Д. И. Менделеева;	Изучение общего вида периодической системы химических элементов Д. И. Менделеева. Демонстрация фрагмента фильма, посвященного строению вещества. Компьютерный урок.	Видеофильм «Путешествие в Наномир». Компьютерная обучающая программа «Глобус атома» часть 2. Кольцевые модели.
4	Строение и свойства элементов первого и второго периодов	Рассказ и демонстрация моделей.	Таблица 3. «Электронные оболочки атомов». Кольцевые и орбитальные модели.
5	Галогены. Строение атомов элементов 7А группы	Фронтальная работа по моделированию электронной оболочки галогенов	Лабораторная работа 1е, 2. Раздаточный набор «Кольцеграфик»
6	Ионная связь, её образование. Заряды ионов. Понятие степени окисления.	Составление кольцевых моделей ионов с использованием уже собранных моделей галогенов.	Использование таблицы 7. «Ионная связь». Раздаточный набор «Кольцеграфик»

7	Неполярные и полярные ковалентные связи. Простые и сложные вещества.	Фронтальные работы по моделированию процессов образования химических связей (H_2 , HCl , Cl_2).	Использование таблицы 8. «Ковалентная связь». Раздаточный набор «Кольцеграфик».
8	Углерод. Строение атома и проявление валентности. Строение молекулы метана.	Рассказ. Проведение фронтальных работ по моделированию метана.	Таблица 4. «Модели строения веществ». Кольцеграфик, орбитальные и масштабные модели.
9	Вода. Электронное строение молекулы H_2O . Геометрия молекул.	Демонстрации. Проведение фронтальных работ по моделированию молекул воды. Ответы на вопросы.	Таблица 4. «Модели строения веществ». Раздаточный набор «Кольцеграфик».
10	Одноатомные спирты.	Лабораторная работа 11. Изготовление моделей метилового и этилового спиртов: CH_3OH , C_2H_5OH	Кольцеграфик и масштабные модели. Набор «Кольцеграфик».
11	Подгруппа кислорода. Аллотропия серы и кислорода.	Рассказ и обращение к таблице периодической системы химических элементов Д. И. Менделеева.	Кольцеграфик и орбитальные модели. Раздаточный набор «Кольцеграфик».
12	Неорганические кислоты	Рассказ о кислотах, сопровождаемый демонстрацией. Для закрепления материала проведение практической работы.	Практическая работа № 8. «Строение молекулы серной кислоты (H_2SO_4)». Раздаточный набор «Кольцеграфик»
13	Виды ковалентных связей.	Демонстрации и рассказ. Проведение практической работы: «Построение моделей кислорода (O_2) и углекислого газа (CO_2)»	Таблица 8. «Ковалентная связь». Масштабные и кольцеграфик модели.
14	Предельные и непредельные углеводороды. Алкены, алкины.	Демонстрация и построение графических схем и моделей этилена, ацетилена (C_2H_2).	Лабораторная работа 14. «Построение модели ацетилена (C_2H_2)».
15	Ароматические углеводороды. Строение молекул.	Практическая работа №12: Моделирование молекулы бензола (C_6H_6).	Скелетные, кольцеграфик и масштабные модели.

Подробнее рассмотрим некоторые темы принципиально важные для формирования полноценного и взаимосвязанного знания.

Желательно хотя бы кратко познакомить учащихся с эволюцией развития знаний о строении атома. Это можно осуществить с помощью таблиц и моделей (экранных и материальных - демонстрационных). Таблица 1. «Исторические модели строения атома» серии 2. «Строение вещества» (приложение 4) кратко отражает исторические этапы развития знаний о строении атомной системы.

Исторические модели строения атома

Для рассмотрения этого материала целесообразна следующая последовательность. Первой в таблице 1 приложения 4 показана модель атома Джозефа Томсона, согласно которой атом имеет сложную структуру, но неопределенную, вроде «булки с изюмом», где изюм – отрицательно заряженные частицы, внедренные в положительно заряженное «тесто».

После экспериментов Эрнеста Резерфорда по рассеянию частиц на тонкой металлической фольге, стало ясно, что в атоме есть положительно заряженное ядро. Оно имеет очень малый размер, но почти вся масса атома (больше 99.9 %) сосредоточена в ядре. Основной объём атома занимают отрицательно заряженные частицы (электроны). По сравнению с частицами ядра – «нуклонами», электроны очень лёгкие – почти в 2000 раз легче, за что названы «лептонами». Заряды электрона («лептона», имеющего отрицательный заряд) и протона («нуклона», имеющего положительный заряд) имеют разные знаки, но равны по величине. Отрицательный заряд окружает положительное ядро и делает атом нейтральным, если эти заряды равны (если число протонов в ядре равно числу электронов в атоме).

Нильс Бор предложил «планетарную» модель атома: отрицательные частицы малого веса и малого размера движутся по орбитам вокруг тяжелого положительного ядра (как планеты в солнечной системе вокруг солнца). Движущиеся заряды по правилам электродинамики должны излучать, а значит,

теряя энергию на излучение, быстро «упасть на ядро», притянувшись к нему. Так как решить этот парадокс невозможно, Бором были сформулированы постулаты (неочевидные утверждения, которые пока не могут быть доказаны, но необходимы для работоспособности модели). Бор постулировал, что есть некоторое количество таких стационарных орбит, на которых электрон находится без излучения произвольно долгое время, а излучает (или поглощает) энергию порциями только при переходах с одной такой орбиты на другую.

Позже была предложена другая модель, не требующая постулатов. Луи де Бройль предложил мыслить электрон колеблющейся струной, замкнутой в кольцо. В кольце могут возникать целые количества стоячих волн. Такая «волновая» модель электрона, занимающего весь объём атома, не требует объяснений стабильности атома. Большой и лёгкий электрон не может упасть на маленькое и тяжелое ядро, находящееся в его центре. А энергия связи электрона с ядром связана с количеством стоячих волн, уложенных в кольцевой струне. Движение распределенного заряда электрона по сложной, но замкнутой траектории не приводит к излучению энергии до тех пор, пока не будет меняться количество длин волн, уложенных в кольце. Само число длин волн, уложенных в кольце, объясняет целочисленный характер главного квантового числа – числа, связывающего величины энергий связи электронов в атоме на разных энергетических уровнях. Нильс Бор, как директор института имел большой общественный вес и огромный опыт преподавательской работы. Вероятно, поэтому в учебниках закрепились именно «планетарная» модель, сопровождаемая постулатами, а модель де Бройля легла в основу волновых и квантово-механических представлений о строении атома и элементарных частиц, его составляющих.

Эрвин Шредингер эмпирически подобрал уравнение, похожее на уравнение колебания струны, с помощью которого можно вычислять энергии связи электронов в атоме в разных состояниях (на разных энергетических уровнях). В этой математической модели уже не рассматривается динамический характер устройства атома. И даже не рассматривается вопрос о размере электрона как частицы. Считается, что электроны занимают определенные энергетические уровни и излучают (или поглощают) энергию при переходах на другие уровни. Этой численной моделью пользуются для квантово-механических расчетов величин энергий связи. Также с её помощью определяют плотность распределения отрицательного заряда вокруг ядра или системы ядер, области повышенной или пониженной электронной плотности.

Для придания наглядности таким понятиям была создана теория молекулярных орбиталей и придумано несколько конкретных форм орбиталей: шар, объёмная восьмерка, двойная объёмная восьмёрка и тройная объёмная восьмёрка (s, p, d, f). Теорию и модели молекулярных орбиталей (сокращенно МО) используют в химии, а упрощенные модели в школьном курсе химии. Несмотря на упрощенный характер форм орбиталей: s – шар, p – объёмная восьмерка, орбитальными моделями пользоваться сложно. Орбитали постоянно изменяют свою форму и гибридизируют между собой разными способами (sp , sp^2 , sp^3 , ...), образуя разные виды связей (сигма, пи, смешанные виды). При этом высшие формы (d, f) и их гибриды в школе только упоминают, без рассмотрения. Кроме того модели страдают слабой наглядностью при объяснении взаиморасположения электронов в сложных атомах, а это является необходимым для формирования дееспособного знания. Правильное представление о количественном распределении электронов в атоме важно для объяснения строения атома, демонстрации распределения электронов по оболочкам (или уровням, характеризующимся определенной энергией связи в

атоме), тем более что Периодическая система химических элементов Д.И. Менделеева построена на основе существования устойчивых электронных оболочек. Их устойчивость – основа периодического закона.

Для наглядного объяснения количественного распределения электронов по слоям (устойчивым оболочкам) в атоме используется кольцевая модель Кеннета Снелсона. Устойчивость электронных оболочек демонстрируется учителем с помощью кольцевых моделей, в которых все электроны обозначены кольцами двух цветов (либо двухцветными кольцами, имеющими магнитные свойства). Цвет колец, обозначающих электроны, позволяет обозначить различия электронов, связанные с наличием внутреннего свойства вращения, или «спин»: «+» или «-» (или кольца, имеющие свойства кольцевых магнитов). Кольцевые модели отличаются однотипностью изображения электронов и очевидностью взаимного расположения электронов в оболочке. Также возможно одновременное изображение всех электронов атома или сложной атомной оболочки и демонстрация равномерного распределения электронов в оболочке (с учетом чередования их свойств внутреннего вращения – «спин»).

Из двух кольцевых магнитов получается модель первой устойчивой оболочки, из восьми – модель второй завершенной оболочки. Аналогично получают модели остальных устойчивых оболочек (из 18 и 32-х электронов).

Для объяснения учебного материала по темам, связанным с изучением основ квантовой механики, в частности целочисленного главного квантового числа и связанной с ней кратностью энергий связи электрона в атоме используется волновая модель, аналогичная кольцевой, но содержащая в каждом электроны - кольцо целое число волн (аналогично модели де Бройля).

Приведённая здесь подробная методика преследует понимание учащимися развития представлений о строении атома, в частности:

а) о каждом периоде развития научных представлений, отражающих современный уровень развития знаний;

б) о формировании научных методов моделирования и их задачах.

Как отмечал Пидкасистый П. И. [85 стр. 87], «овладеть научным понятием можно на трех уровнях: описание явления, его объяснение и управление им». Сформировать у учащихся понятия о строении вещества и привести их в систему - значит выполнить лишь начальную часть учебно-педагогической задачи. Полное ее претворение в жизнь заключается в том, чтобы выработать у учащихся умение применять приобретенные знания в процессе последующего изучения курса химии, добиться того, чтобы усвоенные теоретические знания стали научным методом дальнейшего познания. Этому способствует организация экспериментальных работ исследовательского и проблемного характера. Формой проведения таких занятий является не только самостоятельная, но и коллективная содеятельность учащихся и педагога. Самым результативным для усвоения информации является проведение модельного эксперимента. Модельный эксперимент выступает как учебная форма научного познания.

Для проведения модельного эксперимента можно использовать специально разработанный раздаточный набор для моделирования форм атомов и молекул в виде кольцегранников. При использовании набора для моделирования кольцегранных оболочек атомов и молекул используются примерно следующие рассуждения. В атоме каждое отрицательно заряженное кольцо (электрон) стремится занять такое положение, чтобы ядро находилось в его центре. Но если электронов более одного, то это становится невозможным, и они располагаются вокруг ядра, преимущественно стремясь оказаться

равноудаленными от ядра. При таком способе моделирования электронные оболочки выглядят многогранниками, грани которых представлены кольцами, за что и названы “кольцегранниками”. В этих фигурах число колец соответствует количеству электронов на оболочке. Кольцегранники из 2, 8, 18 и 32-х колец являются моделями самых устойчивых электронных оболочек (рис. 2, 3, 4, 5). Они близки к сферической форме и отличаются наибольшим числом осей симметрии: кольца располагаются в гранях взаимно пересекающихся правильных многогранников (так называемых тел Платона). Для демонстрации симметрии и устойчивости модели электронных оболочек желательно делать, используя два контрастных цвета, например, красный и синий.

Таким образом, можно проводить ознакомление с темой «Строение атома». В помощь учителю и учащимся предлагается таблица 2. «Строение атома» серии «Строение вещества» (приложение 4). Рассмотрим пример работы учителя с этим компонентом комплекса.

Строение атома

В центре таблицы 2 приложения 4 изображена модель атома:

- ядро атома имеет малый размер и состоит из протонов (положительно заряженных частиц, обозначаемых p^+) и нейтронов (частиц, заряд которых равен нулю и обозначаемых n^0);
- радиус ядра атома чрезвычайно мал (он может составлять одну сотысячную радиуса всего атома), а масса составляет больше 99.9 % от массы атома;
- основной объём атома занят электронными оболочками, составленными из различного количества электронов (частиц, имеющих отрицательный заряд и обозначаемых e^-);
- электронные оболочки располагаются слоями вокруг ядра атома.

Сопоставление размеров атома и его ядра должно привести учащихся к убеждению о сложном строении его электронных оболочек.

Строение атома изучается в школьном курсе физики. Межпредметные связи способствуют формированию целостных представлений о предмете. Но, если в курсе физики основной акцент ставится на ядро атома, то в курсе химии основное внимание уделяется электронным оболочкам. Несмотря на чрезвычайно малую массу по сравнению с массой ядра, именно электронные оболочки, особенно вид и форма внешней оболочки, определяют химические свойства атома, а также формы молекул и кристаллов. Поэтому правильное представление о взаиморасположении электронов в атомах, и особенно на внешней оболочке, является необходимым для формирования полноценного знания. При объяснении строения атома важно показать не только распределение электронов по атомным оболочкам (или уровням, характеризующимся определенной энергией связи в атоме), но и объяснить закономерности их взаиморасположения, которые являются общими не только при формировании атомной, но также и молекулярных оболочек.

Каждый элемент в Периодической системе химических элементов Д. И. Менделеева (общий вид обозначения приведен в левом верхнем углу таблицы) характеризуется зарядовым числом – Z (количество протонов в атоме) и атомным числом – A (суммарное количество протонов и нейтронов), а также положением в таблице, определяемым видом и степенью завершенности его электронных оболочек. Периодическая система химических элементов Д. И. Менделеева построена на основе существования в атоме устойчивых оболочек. Основа периодического закона – особенная устойчивость некоторых электронных оболочек.

Рассмотрение электронного окружения ядра атома целесообразно начать с электронных схем строения атома с цифровыми обозначениями количества

электронов на каждой оболочке. Для наглядности оболочки пронумерованы на изображении модели атома в разрезе и на электронных схемах атомов под моделью, приведенных в качестве примера последовательного расположения оболочек в разных атомах.

Демонстрация строения электронных оболочек проводится учителем с помощью кольцевидных моделей. В моделях кольца обозначают электроны оболочки. Учитель либо демонстрирует уже собранные модели, либо моделирует образование электронной оболочки, предлагая ученикам фронтальную работу по моделированию оболочек вслед за учителем. Тогда плоские изображения моделей на таблице становятся более понятными учащимся и облегчают дальнейшее моделирование более сложных электронных структур молекул. Далее учитель снова обращается к демонстрационной таблице.

В кольцевидных моделях могут использоваться магнитные кольца; кольца немагнитные, но обозначающие собой кольцевые магниты своей расцветкой (красно-синие); либо кольца разных двух цветов. В последнем (самом распространённом случае) разный цвет колец обозначает два варианта расположения электронов в оболочке, связанные с наличием у электрона свойства внутреннего вращения, или «спин»: «+» или «-». Понятие спин (или внутреннее вращение) электрона связывается с вращением заряда электрона по кольцу либо по, либо против часовой стрелки, или с направлением магнитных силовых линий от южного к северному магнитному полюсу внутри кольцевого магнита (или от «+» к «-»), что традиционно обозначается в моделях красным и синим цветом. Вектор спин обозначается значком s и показан стрелкой, перпендикулярной плоскости кольца и выходящей из его центра. Направление вектора спин определяется в зависимости от направления движения заряда по кольцу. Эта информация не является

сложной для понимания учащимися, поскольку известна из курса физики: направление вектора спин определяется по правилу буравчика, но в обратную сторону, так как движение отрицательного заряда эквивалентно движению положительного заряда в обратную сторону. На таблице это показано схематически и выделено цветом колец (вверху справа).

Кольцевые модели демонстрируют формирование строго определенных электронных оболочек в атоме. Из колец двух цветов (или двухцветных колец, расположенных разными цветными сторонами к ядру и от ядра) возможно построение определенного количества кольцевых моделей, в которых соприкасаются кольца только разных цветов. Наиболее симметричные из них являются моделями завершенных, или устойчивых электронных оболочек. Они изображены на таблице по возрастанию количества электронов.

С помощью кольцевых моделей показываем устойчивость электронных оболочек, объясняющих периодический закон и Периодическую систему химических элементов Д.И. Менделеева. Кольцевые модели отражают полное электронное строение атома. С их помощью отвечаем на вопрос, почему на устойчивых оболочках расположено именно такое количество электронов. Новым дидактическим качеством кольцевых моделей является не только демонстрация устойчивости определенных электронных оболочек в атоме, определяющих вид Периодической системы химических элементов Д.И. Менделеева, но возможность проведения модельного эксперимента для проверки их устойчивости. Кольцевые модели позволяют проводить модельный эксперимент по определению и проверке количества электронов, составляющих устойчивые оболочки. Существенно облегчает усвоение материала использование компьютерных средств, в частности ознакомительных или обучающих компьютерных программ, с которыми можно проводить занятия в компьютерном классе.

Например, обучающая компьютерная графическая программа «Глобус атома», которая содержит элементы игры и предназначена для использования в 8-10 классах средней образовательной школы.

Обучающая компьютерная графическая программа «Глобус атома» состоит из двух частей.

Часть 1. «Глобус атома» знакомит учащихся с устойчивостью электронных оболочек. Пользователю предлагается выбрать количество электронов из предложенного ряда от 1 до 32-ух, из которых будет составлена модель электронной оболочки. После выбора на экране появляется изображение соответствующего кольцеградника в контурных линиях. Пользователю предлагается «раскрасить» кольцеградную модель электронной оболочки в два цвета таким образом, чтобы оболочка «не развалилась» при ее проверке на «магнитную устойчивость». Использование двух разных цветов подразумевает наличие у колец, моделирующих электроны, двух различных способов расположения в оболочке, связанных с наличием у электрона магнитных свойств (спин – характеристики «+» или «-»). Проверка правильности раскрашивания осуществляется автоматически по окончании выбора цветов.

Для правильного выбора цвета необходимо соблюдать правила чередования магнитных свойств (спин – характеристик) электронов в оболочке, что отражается различными цветами колец, участвующих в образовании кольцеградника, моделирующего электронную оболочку.

Симметричность кольцеградной фигуры, моделирующей электронную оболочку, является одним из критериев устойчивости оболочки.

Если пользователь убежден, что он не только правильно расставил цвета колец в оболочке, но и верно выбрал число электронов, из которых состоит симметричная оболочка, он может провести проверку оболочки на устойчивость.

В случае ошибки оболочка разрушается, вращаясь вокруг оси, относительно которой она не является симметричной. Затем следует предложение повторить попытку. Предусмотрен режим демонстрации правильно собранных электронных оболочек: демонстрируется вращение устойчивых оболочек в виде компьютерной мультипликации.

В части 2. «Глобус атома» проводится сборка электронного глобуса атома.

Предлагается распределить все электроны выбранного атома по разным уровням, или возможным оболочкам с учетом заряда ядра.

При наборе электронов на каждую оболочку на экране идет демонстрация ее заполнения.

После окончания распределения электронов по оболочкам предоставляется время для размышлений и исправлений до выбора команды “проверка”.

В случае неправильной сборки происходит демонстрация перестроения электронных оболочек - переходов электронов на другие уровни и правильное их распределение по оболочкам. По окончании демонстрации верного распределения электронов задача предлагается снова: информация о правильном распределении электронов скрывается для предоставления учащимся возможности самостоятельно распределить электроны по оболочкам.

Предусмотрена показательная демонстрация правильной сборки одного сложного атома - радона (Ra). По окончании правильной сборки какого-либо атома, в качестве приза и факта окончания работы идет непрерывная демонстрация правильной “сборки - разборки” верно собранного элемента.

Для удобства оценки результативности работы учеников в обеих частях программы предусмотрен счетчик времени работы и запись лучших результатов и фамилий исполнителей.

Интерактивное изучение устойчивости электронных оболочек в форме компьютерного урока позволяет учащимся проверить устойчивость всех, особенно сложных 18-ти и 32-ух, электронных оболочек без потери времени на их длительную сборку в виде материальных моделей.

Простые модели первых двух электронных оболочек полезно уже на первых уроках сконструировать во время проведения фронтальной работы. При наличии наборов «Кольцегранник» осуществляется сборка моделей завершенных электронных оболочек из 2 и из 8 колец - электронов. Очень удобным для сборки кольцегранников является использование магнитных колец (или специальных магнитных наборов).

В процессе работы с компьютерной программой (или проведения самостоятельной работы по моделированию кольцегранных моделей электронных оболочек) у учащихся возникает вопрос об устойчивости симметричных моделей оболочек из 10 и 14 колец. Если такой вопрос не возникает, то учитель может сам акцентировать на этом внимание для понимания процесса формирования электронных оболочек атома. Модели завершенных симметричных оболочек из 10 и 14 колец отличаются правильным чередованием цветов контактирующих между собой колец, но эти оболочки не образуют периодов в Периодической системе химических элементов Д.И. Менделеева. Оболочка из 10 электронов характеризуется слабой симметрией: она имеет только одну ось симметрии. Оболочка из 14 электронов имеет оси симметрии, аналогичные оболочке из 8 электронов, но в атоме не реализуется, так как входит в конфликт с оболочкой из 8 электронов, находящейся внутри 14-ти электронной. При построении двухцветных моделей и помещении 8 внутрь 14 становится очевидной их несовместимость спин, или магнитных свойств, что приводит к слабой устойчивости 14-ти электронной оболочки и ее достраиванию до 18-ти электронной.

Размер колец, составляющих модели электронных оболочек, отражает величину энергии связи электронов атомной оболочки и зависит от удаленности оболочки от ядра и количества электронов на оболочке. Зависимости радиуса кольца, обозначающего электрон, от заряда ядра, воздействующего на него, позволяет качественно объяснить изменение размеров электронных оболочек, позволяющее помещать внутренние оболочки из большего количества электронов в объем внешних оболочек, из меньшего количества электронов. Например, размер первых оболочек атомов элементов первого периода может отличаться в десятки (и даже сотни) раз от размеров первых оболочек элементов 4 и 5 периодов, потому что заряд ядра, воздействующий на электроны оболочки в этих атомах, отличается в десятки раз.

Изучение устойчивых электронных оболочек в атомах позволяет подробно рассмотреть строение атома. Электронная конфигурация атомов, имеющих две и более электронные оболочки, моделируется в виде нескольких кольцевидных фигур, вложенных одна в другую и имеющих общий центр, совпадающий с ядром атома. Например, атом неона (Ne) изображается в виде двух колец, лежащих в параллельных плоскостях, внутри фигуры из восьми колец, сделанных из трубочек средней длины (таблица 1 приложения 4). При моделировании атомов, имеющих несколько электронных оболочек, рекомендуется для наглядности делать каждую оболочку каким-либо одним цветом. Особой необходимости в этом нет, поскольку значение имеет показ конкретного способа моделирования и его результат. В большинстве случаев для демонстрации достаточно собирать только модель внешней оболочки из восьми электронов, пренебрегая изображением внутренних.

Для изучения взаимосвязи электронного строения атома элемента с его химическими свойствами учитель использует таблицу 3. «Электронные

оболочки атомов» серии 2. «Строение веществ». Рассмотрим, как содержание таблицы 3 позволяет знакомить учащихся с электронным строением элементов второго периода путём сопоставления электронных схем строения атома, орбитальных и кольцеванных моделей и делать прогностические выводы о химических свойствах веществ на основании их электронного строения.

Электронные оболочки атомов

Электронная схема – это знаковая модель, которая не представляет объёмного образа электрона и электронной оболочки. Она удобна для отражения последовательности заполнения электронных слоев и каждой электронной оболочки. Разнонаправленность стрелок, обозначающих электроны, позволяет обозначать фундаментальное свойство электронов, «спин», или наличие у них внутреннего вращения: «+» или «-».

Далее в таблице представлены орбитальные модели. Традиционно в курсе химии используют понятие электронной орбитали. Электронная орбиталь – это область пространства, в которой максимальна вероятность обнаружения электрона (как трактуется это в физике) или область пространства, в которой сконцентрирована его электронная плотность (как это трактуется в химии). Орбитальные модели предназначены для отражения пространственного распределения электронной плотности в объёме атома. Различные формы электронных орбиталей и их видоизменения должны отражать процессы образования химических связей. Орбитальные модели являются упрощённым отражением более сложных научных моделей. Несмотря на упрощённый характер используемых в школе форм электронных орбиталей, они оказываются сложными для изучения, поскольку для их использования приходится вводить много дополнительных понятий, таких как взаимопроникновение, перекрывание, гибридизации разных видов: sp , sp^2 , sp^3 и другие. Также на орбитальных моделях затруднено изучение понятия спин

электрона. Использование орбитальных моделей полезно учащимся, особо интересующимся химией или на факультативных занятиях.

Во второй половине 20 века появились кольцевые модели, более простые в изучении и использовании. Использование кольцевых моделей позволяет демонстрировать формирование электронных оболочек в атоме без введения дополнительных понятий. Фундаментальное свойство электрона - спин (или внутреннее вращение электрона) определяется в моделях с движением заряда электрона по кольцу по или против часовой стрелки. Движение заряда (ка это известно из курса физики) приводит к появлению магнитных свойств у такой модели электрона, что объясняет стремление электронов к спариванию в атомных оболочках. Изображение магнитных свойств возможно прямым использованием кольцевых магнитов или же символическим обозначением в моделях колец красным или синим цветом (при возможности используются двуцветные кольца: одна сторона красная, другая синяя).

С помощью кольцевых моделей наглядно и доступно рассматриваем:

- а) электронное строение атома и образование устойчивых электронных оболочек, объясняющих периодический закон и Периодическую систему химических элементов Д.И. Менделеева;
- б) влияние электронного строения на окислительные и восстановительные свойства элемента;
- в) атомные размеры и его сравнительную реакционную способность;
- г) увеличение количества электронов на валентной оболочке и связанное с этим изменение свойств элементов в периоде.

Кольцевые модели объединяют в себе достоинства и электронных схем и орбитальных моделей:

- а) простота и однотипность изображения электронов;

- б) наглядное изображение спин характеристики;
- в) возможность одновременного изображение всех электронов атома при сохранении очевидности структуры каждой электронной оболочки;
- г) наглядность распределения электронов в атоме по оболочкам;
- д) равномерное распределение электронов в оболочке с учетом их спин взаимодействий;
- е) взаиморасположение пар электронов и неспаренных электронов в объёме;
- ж) демонстрация незавершенности оболочки и оценка реакционной способности элемента в зависимости от вида его внешней электронной оболочки.

Помимо перечисленных, кольцеобразные модели имеют и новые дидактические возможности: демонстрация устойчивости определенных электронных оболочек в атоме, определяющих вид Периодической системы химических элементов Д.И. Менделеева и возможность проведения модельного эксперимента для проверки их устойчивости.

Ниже предложена логика изучения материала, не нарушающая должную преемственность понятий и способствующая формированию фундаментального целостного знания. Оптимальным приёмом обучения является диалог учителя с классом с включением фронтального фрагментарного моделирования.

В атоме лития (Li) пара электронов внутренней оболочки с разными спин характеристиками обозначена двумя кольцами разных цветов, расположенными параллельно и симметрично относительно ядра. Один неспаренный электрон внешней оболочки занимает явно неустойчивое положение. Такое положение электрона внешней оболочки определяет

повышенную реакционную способность атома, его сильные восстановительные свойства.

Модель электронных орбиталей атома лития менее информативна, но также показывает спаренные две s- орбитали первой оболочки и одну неспаренную s- орбиталь внешней оболочки в виде шаров разного размера. Неспаренность орбитали внешнего электрона обозначается менее ярким цветом.

Каждый последующий элемент отличается на один электрон и на одно зарядовое число ядра. Последовательность застройки электронной оболочки по длине периода видна как увеличение числа колец, обозначающих электроны, на второй от ядра оболочке. Увеличение заряда ядра подразумевается, но никак не отражается в моделях электронных орбиталей, а в кольцеванных моделях показано косвенно, меньшим размером колец, обозначающих электроны. Вообще размер колец, обозначающих электроны, зависит от заряда ядра и близости оболочки к ядру атома.

На кольцеванной модели атома бериллия (Be) видно, что электроны расположены симметрично, относительно ядра. На орбитальной модели показано цветом, завершенность второго s-слоя. Но это справедливо только для атома (Be), внешняя оболочка которого тождественна внутренней и в силу симметричности кажется завершенной.

К атому бора (B) применимо общее правило застройки электронной оболочки: электроны сначала занимают все свободные неспаренные орбитали (правила Хунда). Однако по традиции, принятой ещё в 50-е года прошлого века, s- орбитали показывают всегда спаренными. На орбитальной модели показаны спаренных две s- орбитали и одна p- орбиталь, что не соответствует правилу заполнения орбиталей (правило Хунда), но исправляется при объяснении образования химической связи с помощью введения в понятия возбуждения и

распаривания s- орбиталей и дальнейшей их гибридизации совместно с p- орбиталью. Таким образом, с помощью использования понятия о гибридизации s- и p- орбиталей, объясняются формы соединений атомов бора, характеризующиеся углами 120° в соединениях BCl_3 или B(OH)_3 .

При использовании кольцеванных моделей не требуется введения понятия гибридизации. На кольцеванной модели атома бора все электроны внешней оболочки показаны одинаковыми кольцами одного цвета. Три кольца, обозначающие электроны внешней валентной оболочки атома, взаимно располагаются так, чтобы быть равноудаленными от ядра (в гранях треугольной призмы). Углы между их нормальными составляющими составляют 120° , что при образовании связей приводит к аналогичной величине валентных углов 120° .

Изображение слабосвязанных валентных электронов элементов 1, 2, и 3 групп в виде кольцеванных моделей конструктивно затруднено, так как кольца, их изображающие, не должны соприкасаться. При проведении фронтальных работ рекомендуется моделировать электронные оболочки, начиная с элементов 4 группы главных подгрупп. Они представляют собой или восьмигранники, в которых не хватает нескольких колец, или завершённые восьмигранники, в которых «неспаренные электроны» изображаются сразу парой колец: одно из которых цветное, изображающее электрон, а второе, расположенное напротив первого, – бесцветное, подчёркивающее его «неспаренность» (рис. 1). Таким образом, в моделях недостающие до завершения оболочки электроны (или незаполненные орбитали) изображаются бесцветными кольцами (рис. 17, 32).

Атом углерода (C) имеет на внешней оболочке 4 электрона. На орбитальной модели это показано появлением второй неспаренной p- орбитали. Соединение углерода с ординарными связями – метан (CH_4) характеризуются углами 109° . Для объяснения образования такого простого

соединения с помощью орбитальных моделей приходится использовать понятие о гибридизации s- и p- орбиталей, предваряя его понятием перехода атома в возбужденное состояние и распаривания s-орбиталей.

При использовании кольцеванных моделей всего изложенного выше не требуется. Кольца, обозначающие электроны внешней валентной оболочки атома углерода взаимно расположены в пространстве таким образом, чтобы обеспечить максимальную взаимную и равную удаленность - то есть в гранях тетраэдра под углами 109° . Синий цвет колец обозначает одинаковую спин характеристику - все электроны внешней оболочки неспаренные. Оболочка не завершена. Атом реакционноспособен. Четыре незаполненных орбитали показывают, что его валентность равна четырем. Причем как в сторону окисления, так и восстановления.

У азота (N) только три незаполненных орбитали, что объясняет его валентность как окислителя, равную трем, а как восстановителя три и пять.

Как отмечают методисты [57], важно, чтобы учащиеся имели представление не только о числе электронов на внешней оболочке атома, но и о том, как они распределены по орбиталям. Обычно для этой цели используются схемы заполнения орбиталей. Кольцеванные модели позволяют это демонстрировать на модельном эксперименте. Например, наличие неспаренных электронов в оболочке может изображаться наличием бесцветных колец. Они располагаются напротив цветных колец и обозначают отсутствие электрона с противоположным знаком спин. Они же представляют собой вакантные места для акцепторных электронов или атомов водорода. Например, шесть электронов атома кислорода на внешней оболочке распределяются таким образом, что составляют незавершенную фигуру из восьми колец (кольцеванный октаэдр), в которой не хватает двух колец до завершения оболочки. Эти два вакантных места в оболочке кислорода могут быть

заполнены акцепторными электронами или электронами атомов водорода (рис. 25). Такая модель соответствует объяснению электронной схемы [57, с. 41]: в молекуле воды два неспаренных электрона связывают атом кислорода с двумя атомами водорода. Подробнее строение молекулы воды рассматривается в таблицах 4. «Модели строения веществ» и 11. «Водородная связь» серии 2 «Строение веществ» (приложение 4).

Размеры колец, составляющие кольцевые модели, отличаются. Их размер качественно отражает величину энергии связи электронов в оболочке. Чем больше энергия связи электрона в оболочке, тем меньше радиус кольца, моделирующего электрон. А чем меньше ковалентный радиус, тем больше электроотрицательность, или так называемое сродство к электрону. В представленном ряду у атома фтора радиус наименьший, а электроотрицательность наибольшая. Он проявляет максимальные окислительные свойства.

Одновременное использование для обучения как минимум этих трёх рассмотренных моделей: электронная схема, кольцевая и орбитальная модели, обеспечивает наиболее полное изучение материала при недостаточном количестве академических часов, выделенных на предмет. При возможности рекомендуется использование моделей Гилеспи (электронных пар) и усложнённых кольцевых моделей, скомбинированных с моделями магнитных силовых линий в виде спиралей, обвивающих кольца, более наглядно изображающих взаимодействие электронов в оболочке.

При изучении вопросов, имеющих отношение к теме «Строение веществ», полезно использовать различные модели строения веществ. Для методической поддержки следует сочетать моделирование с использованием таблицы 4. «Модели строения веществ» одновременно с таблицей 3. «Электронные

оболочки атомов», так как модели строения веществ рассматриваются на примерах соединений веществ 2 периода.

Модели строения веществ

В таблице представлены три типа объёмных моделей. Первый – это масштабная модель (Стюарта- Бриглеба), представляющая собой целый класс однотипных простых моделей (включая скелетные и шаро-стержневые) не отражающих электронную структуру моделируемых соединений; второй - это кольцегранная - наиболее информативная модель, отражающая подробно электронную структуру веществ; третий – это орбитальная модель, рассматривающая виды и изменения электронных орбиталей в процессе образования химических связей.

Такое сочетание позволяет соблюсти определённую преемственность при изучении строения веществ, а использование комплекса различных приёмов моделирования и видов моделей способствует пониманию и формированию целостных представлений об особенностях химической связи, структуры веществ, их свойств.

В таблице используется общепринятое цветовое кодирование: салатовый цвет – хлор, черный – углерод, красный – кислород, голубой – азот, зелёный – фтор, желтовато – белым обозначен водород, серым – бор.

Масштабная модель метана (CH_4) выглядит комбинацией одного усечённого плоскостями чёрного шара - атома углерода и четырёх желтых усечённых шаров – атомов водорода.

На орбитальной модели показан результат гибридизации s- и p- орбиталей и спаривания четырёх гибридизированных орбиталей углерода с орбиталями атомов водорода при образовании связи.

Метан (CH_4) имеет на внешней оболочке 4 электрона углерода, которые в процессе образования химической связи спариваются с электронами атомов

водорода. На кольцевидной модели это показано парным расположением черных колец углерода напротив бело - жёлтых колец водорода. Электроны образуют пару симметрично относительно ядра атома. Четыре таких пары образуют завершённую молекулярную оболочку. Над центрами жёлтых колец находятся ядра атомов водорода. Для отличия от более крупных ядер они показаны оранжевым цветом. Они не находятся ровно в центре жёлтых колец из-за отталкивания от ядра атома углерода.

Использование кольцевидных моделей необходимо сочетать с традиционными способами закрепления знаний, например, используя опорные схемы и тренировочные упражнения, построенные по разделу «Углероды» [95].

Схема 1: Метан, строение молекулы метана, ковалентные связи C-H, направление связей определяется валентным углом $109^{\circ}28'$, тип кристаллической решетки – молекулярная. Кольцевидная модель молекулы (рис. 21, таблица приложения 1) метана вполне подходит для демонстрационных целей, так как позволяет наглядно отобразить всё перечисленное в схеме 1.

Схема 2: Гомологический ряд метана C_nH_{2n+2} -общая формула предельных углеводородов (алканов), валентные углы $109^{\circ}28'$, строение цепи – зигзагообразное, сходные химические свойства, тип кристаллической решетки – молекулярная. Моделирование соединений по схеме 2 в виде кольцевидников осуществляется соединением изготовленных ранее моделей простых атомов и молекул. Например, для моделирования этанола, или этилового спирта (рис. 29) нужно взять модель молекулы метана (рис. 21) и заменить два атома водорода соответствующими радикалами -ОН и -CH₃ (рис. 26, 27).

В таблице 4 (приложение 4) представлены разные модели молекулы воды. В молекуле воды (H₂O) два водородных радикала. Деформация валентного (тетраэдрического в симметричном октаэдре) угла достигает величины 104.5° .

На масштабной и орбитальной моделях это показано в декларативной форме. С помощью кольцевой модели можно объяснить уменьшение валентного угла. Водородные радикалы отличаются меньшим размером колец, моделирующих атомы водорода, что и приводит к деформации всей электронной оболочки молекулы с уменьшением валентных углов.

Расположение ядер атомов водорода вне центров электронов – колец из-за отталкивания от центрального ядра молекулы является причиной их повышенной подвижности, а также способности к образованию водородных связей, которая часто реализуется молекулами аммиака и воды.

При необходимости возможна модельная демонстрация отличия гидроксил иона OH^- от одной молекулы воды (корректней её называть структурной единицей воды): H_2O . Модель H_2O состоит из шести колец среднего размера красного цвета – электронов кислорода и двух колец желтого цвета малого размера – атомов водорода (рис. 19). Отличие иона OH^- заключается в том, что одно из двух колец желтого цвета, обозначающих водород, имеет средний размер (рис. 24). Желтый цвет кольца и его размер, больший, чем у атома водорода, обозначает, что этот электрон был захвачен атомом кислорода, но из-за отсутствия протона (или его потери) атомом водорода не является.

Вид и относительные размеры кольцевых моделей электронных оболочек веществ демонстрируют реакционную способность моделируемых веществ. Успешному изучению этого материала способствует представление информации в проблемно-исследовательском плане. Постановка проблемы осуществляется с помощью заданий (лабораторная работа № 2) и наводящих вопросов. Окислительная способность веществ тем больше, чем ближе оболочка к завершению и чем меньше ее диаметр, то есть чем меньше ковалентный радиус и больше энергия связи. Размеры колец, составляющие

кольцевые модели, качественно отражают величину энергии связи электронов в оболочке. Чем больше энергия связи электрона в оболочке, тем меньше радиус кольца, моделирующего электрон и, следовательно, меньше ковалентный радиус всего соединения. Решение проблемы и усвоение информации о взаимосвязи радиусов колец и энергии связи может происходить в процессе лабораторной работы. Например, атом галогена в кольцевом виде изображается фигурой из семи колец (таблица 4 приложения 4), малый размер которых отражает величину их энергии связи электронов в атоме. Полезно предложить учащимся составить разные модели веществ (например, HCl) и сопоставить их по функциональным возможностям, то есть по возможностям представления тех или иных особенностей изучения материала.

Масштабные модели (Стюарта-Бриггса) своими размерами отражают в целом величины ковалентных радиусов элементов или их соединений. Например, в представленном ряду у атома фтора радиус наименьший, а электроотрицательность наибольшая. Однако масштабные модели не отражают электронную структуру моделируемых соединений - с их помощью удобно изучать многоатомные соединения, предварительно изучив их электронное строение с помощью кольцевых моделей. Орбитальная модель соединения HF при полном ее рассмотрении сложна и не информативна, поэтому часто изображается только одна p- орбиталь атома фтора, спаривающаяся с s- орбиталью атома водорода.

Соединение простейшего атома - водорода с атомом фтора на кольцевой модели выглядит просто включением атома водорода, а именно, одного электрона в виде кольца вместе с его ядром - протоном в электронную оболочку атома фтора. Электрон атома водорода позволяет завершить электронную оболочку атома фтора, а притянутый протон позволяет сохранять

общий нейтральный заряд соединения. Однако протон – ядро атома водорода становится подвижным из-за отталкивания от ядра фтора. При его отрыве образуются ионы F^- и H^+ . Таким образом, кольцевые модели позволяют демонстрировать процессы образования ионов.

Ионная связь образуется между атомами, в сильной степени различающимися по электроотрицательности, например, между типичными (щелочными) металлами и типичными неметаллами – галогенами. Так если атом фтора, обладающий максимальной электроотрицательностью и малыми размерами, приблизится к сравнительно большому атому цезия с почти минимальной электроотрицательностью, то атом фтора так сильно воздействует на электронную оболочку атома цезия, что может перетянуть к себе его валентный электрон.

Ионная связь

Изучение ионной связи желательно начинать с эксперимента – показа горения натрия в хлоре. Уместно поставить перед учащимися вопрос об условиях реакции и подвести их к предположению о том, что для начала реакции требуется нагревание. На таблице «Ионная связь» (приложение 4) схематически рассмотрено взаимодействие металла – натрия и неметалла – хлора. Мы видим последовательные процессы, приводящие к образованию положительного иона натрия и отрицательного иона хлора, и соединение их в кристаллическую решетку хлорида натрия, или поваренной соли которая имеет кубическую гранецентрированную решетку, состоящую из равного количества ионов Na^+ и Cl^- .

Здесь, как и в предыдущем случае, уместно сформулировать перед учащимися проблему, касающуюся механизма образования химической связи, и с помощью кольцевых моделей подвести их к её разрешению.

Схема процесса отдачи электрона атомом натрия и его присвоение атомом хлора в таблице показана с помощью простых моделей Стюарта-Бриглеба, изображающих все объекты в виде шариков. (С точки зрения электродинамики нейтральные атомы вовсе не должны стремиться к превращению в ионы).

Для объяснения причин превращения электрически нейтральных атомов в ионы в таблице помещена схема процесса, изображенная с помощью кольцеванных моделей, отражающих количество и расположение всех электронов атомов на оболочках. У атома натрия внешняя оболочка состоит из единственного электрона. Это неустойчивое состояние показано наличием слабо связанного (незакрепленного) электрона в виде кольца. Для отдачи электрона натрием необходимо металл нагреть (сообщая электрону повышенную подвижность) и поместить в банку с хлором. У атомов хлора внешняя оболочка составлена из семи электронов, образующих незавершенную конфигурацию устойчивой оболочки из восьми электронов – кольцеванника, у которого не хватает одного кольца до создания сверхсимметричной формы из восьми колец (модель устойчивой завершенной оболочки). Формы электрических и магнитных полей этой незавершенной оболочки из семи электронов создают своего рода ловушку для недостающего восьмого электрона, который призван завершить оболочку и придать ей правильный симметричный вид. Выигрыш по энергии связи от завершения оболочки превышает энергию связи одиночного электрона в атоме натрия. Именно по этой причине нейтральные атомы переходят в состояние ионов, имеющих завешенные оболочки: у хлора с избытком одного электрона, у натрия с недостатком.

Полезно здесь и поставить вопрос об изменении размеров ионов по сравнению с размерами атомов. На примере натрия и хлора проявляется

общая закономерность в изменении размеров положительных и отрицательных ионов по сравнению с нейтральными атомами: отдача электрона приводит к уменьшению размеров соответствующего иона, а присоединение электрона (восстановление) атомом галогена – к увеличению размеров соответствующего отрицательного иона. Кроме того, уменьшение размеров катиона происходит в большей степени, чем увеличение аниона по сравнению с нейтральными атомами тех же элементов. К этому выводу учащиеся способны прийти без дополнительных объяснений учителя, только лишь рассматривая электронное строение атомов, превращающихся в ионы, поскольку очевидно, что у катиона число электронных оболочек стало на одну меньше, чем у нейтрального атома, а у аниона – осталось без изменения (увеличилось только количество электронов в оболочке).

На схеме процесса образования ионной пары (Na^+Cl^-) относительные размеры атомов и ионов даны приблизительно. В схеме кристалла пропорции ионов соблюдены.

Возможность соблюдения пропорций ионных радиусов ионов и ковалентных радиусов при изображении соединений с ковалентными связями является важной отличительной чертой наборов для сборки моделей атомов и молекул в виде кольцегранников, которые можно предложить учащимся собрать, используя известные примеры (вода, метан). Это качество позволяет акцентировать внимание на взаимозависимости энергии связи соединения и его относительных размеров. На это особенно обращается внимание благодаря необходимости подготовки длин используемых элементов. Точных соотношений можно добиться, обрезая трубочки до нужной длины. Для этого достаточно, используя справочные данные о величинах ионных радиусов, составить пропорцию радиусов моделируемых ионов и длин трубочек для

сборки. Например, модель ионной пары поваренной соли Na^+Cl^- (таблица приложения 1).

Соблюдение пропорций длин трубочек, используемых для сборки моделей атомов разных элементов, особенно важно при изучении строения органических веществ, в частности соединений с ковалентными связями (рис. 30, 31, 34).

Различные виды ковалентных связей, одинарные и двойные, полярные и неполярные удобно изучать с помощью кольцевидных моделей.

Ковалентная связь

В процессе изучения природы химической связи учащиеся приходят к пониманию механизма образования ковалентных связей вследствие образования общей электронной оболочки для ядер атомов, входящих в соединение. Эти выводы могут быть сформированы учащимися под руководством учителя и сводятся к следующим положениям:

- Ковалентная связь образуется между двумя атомами в случае объединения их электронных оболочек, что происходит в случае невозможности образования завершённой оболочки у каждого атома.
- Завершение электронных оболочек происходит не за счёт присоединения электрона, что имеет место в ионной связи, а за счёт использования для завершения электронной оболочки одного атома электронной оболочки другого атома. Таким образом, происходит образование общей молекулярной оболочки.
- Когда связь образована одинаковыми атомами, то электронная оболочка симметрично окружает ядра атомов, и мы говорим об образовании неполярной связи.
- Если входящие во взаимодействие атомы различаются по электроотрицательности, то образуется полярная связь. Молекулярная

оболочка (и электронная плотность) смещена в сторону наиболее электроотрицательного атома.

Иллюстрацией этих положений являются рисунки и схемы таблицы 8. «Ковалентная связь» приложения 4.

Соединение двух атомов водорода в молекулу осуществляется электронами, что на схеме показано точками или стрелочками. На рисунке видно как масштабные модели атомов водорода соприкасаются и деформируются, что обозначает перекрывание электронных орбиталей в молекуле водорода. На кольцеванных моделях взаимодействие показано сближением колец, обозначающих электроны. Сближение ядер атомов за счёт взаимодействия их электронных орбиталей ведёт к уменьшению внутренней энергии молекулы. Следовательно, образование связи энергетически выгодный процесс и сопровождается выделением теплоты – это экзотермический процесс.

Аналогично показано образование полярной связи в результате перекрывания электронных орбиталей и слияния электронных оболочек атомов водорода и хлора. Более подробно процесс образования общей электронной оболочки показан с помощью кольцеванных моделей. Электронная оболочка атома хлора достраивается до завершённого вида с помощью электрона атома водорода. Отличие от иона хлора здесь в том, что протон – ядро атома водорода остаётся в центре кольца – электрона атома водорода. неполярный характер связи виден в том, как расположен протон – ядро атома водорода. Испытывая отталкивание от ядра атома хлора, он выталкивается из центра кольца: его электронная плотность смещается в сторону хлора.

Двойные ковалентные связи также могут иметь полярный или неполярный характер. Так, например, два атома сильного окислителя – кислорода образуют соединение с двойной связью. Электронная плотность равномерно

распределена около двух ядер атомов в случае их равной электроотрицательности (молекула кислорода O_2) или же может смещаться в сторону более сильного окислителя, в случае связи атомов разной электроотрицательности.

Интересным является соединение углекислого газа (CO_2). Проведите опрос учащихся: “К какому виду относится ковалентная связь в этом соединении”?

Верным будет являться развернутый ответ:

1. Соединение с ковалентной связью характеризуется образованием общей электронной оболочки для нескольких входящих в соединение атомов;
2. Разность значений электроотрицательности атомов углерода и кислорода определяет полярный характер связи $C=O$;
3. Из-за симметричного расположения атомов кислорода относительно атома углерода, полярность соединения не бросается в глаза и проявляется только в перераспределении электронной плотности на атоме углерода.

Таким образом, приведённых выше примеров достаточно, чтобы показать основные приёмы использования комплекса с включением кольцеванных моделей при изучении строения вещества в курсе химии средней школы.

Имея в виду тот факт, что в процессе изучения химии традиционные модели достаточно хорошо усвоены учителями, а методика использования комплекса с включением кольцеванных моделей является новой, предложен примерный перечень лабораторных и практических работ по неорганической и органической химии, проводимых с использованием кольцеванных моделей в процессе изучения курса химии в средней школе (приложение 2).

3.3 Экспериментальная проверка педагогической эффективности
комплекса моделей атомов и молекул для изучения строения вещества
в курсе химии средней школы.

Конструирование комплекса предусматривало проведение эксперимента и апробирования отдельных компонентов комплекса с целью не только наиболее рационального состава комплекса и его включения в систему школьного образования, но и достижения более высокого качества знания учащихся.

Педагогический эксперимент включал три этапа: диагностирующий, исследовательский и констатирующий.

Диагностирующий этап эксперимента преследовал цель выявить готовность учителей к использованию новых кольцевидных видов моделей и целесообразность введения их в комплекс моделей атомов и молекул для изучения строения вещества в курсе химии средней школы, сопровождающиеся изменением в содержании образования для улучшения качества знания.

Были выявлены следующие проблемы, возникающие у учителей в процессе преподавания учебного материала по теме «Строение вещества»:

1. Учитель не может объяснить противоречивость и несовместимость различных моделей электрона из-за отсутствия в содержании образования информации о способах совмещения в элементарной частице противоречивых свойств, определяемых в научных экспериментах.
2. Из-за сложности объяснения устойчивости электронных оболочек, определяющих вид Периодической системы химических элементов Д. И. Менделеева, учитель вынужден ограничиваться ссылкой на факт экспериментальной и теоретической подтверждённости устойчивости определённых электронных оболочек.

3. Без ответа остаётся вопрос о взаиморасположении электронов на внутренних оболочках атомов третьего и больших периодов.
4. Учитель не может продемонстрировать или объяснить на модели спин электрона в рамках курса химии средней школы.
5. Остаётся неочевидной причина образования иона: захвата нейтральным атомом электрона с превращением последнего в ион. Дидактические возможности объяснения учителя ограничиваются лишь схематическим отражением этого процесса и рассказом о стремлении оболочек атомов к завершённой форме.
6. Сложности возникают при объяснении образования химических соединений с помощью орбитальных моделей: неубедительно выглядит процесс образования химических связей и недостаточно наглядно отражён процесс образования валентных углов.
7. Вводится много понятий, сложных для восприятия учащихся в отрыве от изучения основ квантовой физики и химии: возбуждённое состояние электрона, разнообразные гибридизации орбиталей, перераспределение и смещение электронной плотности.

При обсуждении этих недостатков с учителями химии было выяснено, что проблема качественного усвоения знания о строении вещества учащимися может решаться различными способами:

- 1) за счёт введения углублённо-профильного изучения учебного материала;
- 2) модернизацией содержания образования и сокращения объёма материала в результате введения специального дидактического инструментария в виде комплекса с включением новых кольцеобразных моделей.

Таким образом, выявлена готовность учителей к использованию новых упрощенных (кольцевидных) видов наглядных моделей, обоснована целесообразность введения их в комплекс моделей атомов и молекул для изучения строения вещества в курсе химии средней школы.

Исследовательский этап эксперимента преследовал цель оснастить учителя и учащихся дидактическим инструментарием для организации различных видов и форм деятельности педагога и учащихся. Для ознакомления учащихся с информацией, которая связно и целостно отражает строение вещества, особенно важно предоставить в первую очередь информацию учителю, отличающуюся взаимосвязанным изложением различных уровней организации вещества, фрагментарно изложенных в различных разделах учебников и методической литературы.

В разделе 3.1 были показаны те изменения, которые целесообразно ввести в курс химии при изучении раздела «Строение веществ» по темам «Периодический закон. Строение атома. Химическая связь». Возможности комплекса изложены в схеме 3.1.

Примерное тематическое планирование материалов программы, организационные формы и методические приёмы изложены в разделе 3.2 в виде таблицы 3.2, а также методической поддержки деятельности учителя в виде таблиц серии «Строение вещества» (приложение 4) и примерного перечня лабораторных и практических работ по неорганической и органической химии, проводимых с использованием кольцевидных моделей при изучении курса химии в средней школе (приложение 2).

Таким образом, создан «инструментарий» для работы учителя в областях «дефицита наглядности», продемонстрированы методические приёмы и проверена возможность использования комплекса моделей с включением

кольцеграанных моделей для демонстрации и проведения практических работ по неорганической и органической химии.

Констатирующий этап эксперимента нацелен на проверку педагогической эффективности влияния комплекса или его отдельных компонентов на качество усвоения учащимися материала.

В данном исследовании применён экспертно-балльный метод определения качества средств и педагогической эффективности средств обучения, разработанный Центром средств обучения Института общего среднего образования РАО.

Оценка качества обучения, в частности педагогической эффективности, при использовании различных компонентов комплекса моделей, включая кольцеграанные, осуществляется результатам оценки показателей.

Наибольшую значимость при сравнении педагогической эффективности комплекса (интеграции его отдельных компонентов) имеют, по мнению педагогов – экспертов, следующие четыре показателя:

1. Информативность (соответствие содержанию изучаемого вопроса).
2. Доступность (лёгкость восприятия и способы подачи информации);
3. Затраты времени (на изложение и усвоение материала учащимися);
4. Освоения комплекса (подготовленность учителя к использованию);

Для сравнительной оценки качества обучения (педагогической эффективности) выбраны фрагменты информации (информационные блоки), предназначенной для изучения и усвоения учащимися:

1. Модельное представление электрона и его свойств;
2. Взаимодействие электронов в оболочке атома;
3. Образование электронных оболочек;
4. Проверка устойчивости электронных оболочек;
5. Распределение электронов в атоме по оболочкам;

6. Окислительно-восстановительные свойства элементов;
7. Степень окисления и валентность;
8. Изучение разных видов ковалентных связей;
9. Направленность связей.

Оценка качества обучения при использовании компонентов комплекса проводилась способом сравнения эффективности их использования по каждому из показателей. Для оценки использовалась четырёхуровневая система оценки, показывающая степень приспособленности комплекса и отдельных его компонентов к дидактическим потребностям педагога и учащихся (таблица 3.3).

Таблица 3.3

Оценка степени приспособленности комплекса

Степень приспособленности	Число баллов
Полная (хорошая) приспособленность	4
Значительная (преимущественная)	3
Малая (недостаточная) приспособленность	2
Незначительная приспособленность	1
Неприспособленность (несоответствие)	0

Для определения оценки (в баллах) каждого показателя вычисляют средний (общий) балл как сумму баллов, делённую на количество пунктов сравнительной оценки качества (информационных блоков в данном случае).

Педагогико-эргономический уровень оценки выявляет приспособленность изделия, то есть его дидактических функций к специфике деятельности учителя и учащихся, реализуемой с помощью разных компонентов комплекса и предлагаемого комплекса в целом.

Таблица 3.4

Оценка информативности компонентов комплекса.

Информационные блоки (фрагменты информации)	Электрон- ные схемы	Скелет- ные модели	Масштаб- ные модели	Кольце- гранные модели	Орбиталь- ные модели
1. Модельное представление электрона и его свойств	1	0	1	4	1
2. Взаимодействие электронов в оболочке атома;	2	0	0	4	2
3. Образование электронных оболочек;	1	0	1	4	1
4. Проверка устойчивости электронных оболочек;	1	0	0	4	0
5. Распределение электронов в атоме по оболочкам;	4	0	1	4	1
6. Окислительно-восстановительные свойства элементов;	2	1	1	4	3
7. Степень окисления и валентность;	3	2	2	4	3
8. Изучение разных видов ковалентных связей;	1	3	3	4	4
9. Направленность связей в молекулах.	0	3	3	4	3
Средний балл	1.7	0.8	1.2	4.0	2.0

Таблица 3.5

Оценка доступности восприятия компонентов комплекса.

Информационные блоки (фрагменты информации)	Электрон- ные схемы	Скелет- ные модели	Масштаб- ные модели	Кольце- гранные модели	Орбиталь- ные модели
1. Модельное представление электрона и его свойств	4	0	4	4	1
2. Взаимодействие электронов в оболочке атома;	4	0	0	3	2
3. Образование электронных оболочек;	0	0	0	2	2
4. Проверка устойчивости электронных оболочек;	0	0	0	3	0
5. Распределение электронов в атоме по оболочкам;	4	0	0	2	2
6. Окислительно-восстановительные свойства элементов;	3	1	1	4	3
7. Степень окисления и валентность;	3	2	2	3	2
8. Изучение разных видов ковалентных связей;	0	4	4	3	2
9. Направленность связей в молекулах.	0	4	4	2	3
Средний балл	2	1.2	1.7	2.9	1.9

Показатель затрат времени характеризует время, необходимое на передачу, приём, переработку и усвоение информации, а также время на

подготовку компонента комплекса к использованию, имея в виду то количество времени, которое отведено в программе на изучение материала и его повторение.

Таблица 3.6

Оценка компонентов комплекса по показателю затраты времени.

Информационные блоки (фрагменты информации)	Электрон- ные схемы	Скелет- ные модели	Масштаб- ные модели	Кольце- гранные модели	Орбиталь- ные модели
1. Модельное представление электрона и его свойств	4	0	4	2	1
2. Взаимодействие электронов в оболочке атома;	4	0	0	3	2
3. Образование электронных оболочек;	0	0	0	3	2
4. Проверка устойчивости электронных оболочек;	0	0	0	2	0
5. Распределение электронов в атоме по оболочкам;	4	0	0	3	1
6. Окислительно-восстановительные свойства элементов;	2	0	1	3	1
7. Степень окисления и валентность;	2	1	2	4	2
8. Изучение разных видов ковалентных связей;	0	2	3	3	3
9. Направленность связей в молекулах.	0	4	4	3	2
Средний балл	1.2	0.8	1.6	2.9	1.6

Показатель освоения комплекса характеризует соотношение подготовки учителя и требований, предъявляемых к нему определённым видом деятельности и спецификой данного вида средства обучения.

Чтобы педагогическая эффективность комплекса была проявлена, учителю необходимо предварительно «освоить» средство обучения: познакомиться с ним, овладеть способами его применения, приобрести умения и навыки его использования.

Педагогическая эффективность средства обучения или комплекса зависит от степени удобства и простоты использования. Этот показатель позволяет судить о возможности использования комплекса в процессе изучения курса химии средней школы.

Таблица 3.7

**Оценка компонентов комплекса по показателю освоенности
(подготовленности учителя к использованию)**

Информационные блоки (фрагменты информации)	Электрон- ные схемы	Скелет- ные модели	Масштаб- ные модели	Кольце- гранные модели	Орбиталь- ные модели
1. Модельное представление электрона и его свойств	4	0	2	1	3
2. Взаимодействие электронов в оболочке атома;	4	0	0	1	3
3. Образование электронных оболочек;	0	0	0	1	2
4. Проверка устойчивости электронных оболочек;	0	0	0	1	0
5. Распределение электронов в атоме по оболочкам;	4	0	0	1	2
6. Окислительно-восстановительные свойства элементов;	3	0	1	1	3
7. Степень окисления и валентность;	2	3	2	1	3
8. Изучение разных видов ковалентных связей;	0	4	4	1	4
9. Направленность связей в молекулах.	0	4	4	1	3
Средний балл	1.9	1.2	1.4	1	2.6

Общая оценка влияния компонентов комплекса на качество обучения (педагогическую эффективность) может быть выведена с помощью общего оценочного профиля (таблица 3.8) по отдельным показателям и в целом для каждого компонента комплекса.

Таблица 3.8

Показатели качества	Средняя оценка в баллах				
	Электрон- ные схемы	Скелет- ные модели	Масштаб- ные модели	Кольце- гранные модели	Орбиталь- ные модели
Информативность	1.7	0.8	1.2	4	2
Доступность	2	1.2	1.7	2.9	1.9
Затраты времени	1.2	0.8	1.6	2.9	1.6
Освоенность	1.9	1.2	1.4	1	2.6
Средний общий балл	1.7	1	1.5	2.7	2

Будем исходить из предположения, что область отрицательных и нейтральных значений показателей педагогической эффективности

соответствует 0 – 1 – 2 баллам, а область положительных значений – 3 – 4 баллам. Тогда очевидно, что средство, оценочный профиль которого оказывается в зоне положительных значений, потенциально обуславливает более высокую степень влияния на эффективность его использования в учебном процессе.

Как видно из таблицы кольцегранные модели попадают в область положительного влияния по различным критериям, кроме показателя освоенности, что закономерно, поскольку модели эти только начинают использоваться в педагогической практике.

Электронные схемы, скелетные и масштабные модели не попадают в область положительных значений по причине узкой направленности их использования. С их помощью не удаётся проиллюстрировать весь материал, предназначенный для изучения, поэтому оценки некоторых показателей (информационных блоков), по которым проводился анализ, отсутствуют, то есть, оценены как «0». Узкая направленность использования моделей этих сильно занижает их средний балл, и тем самым указывает на необходимость использования комплекса, с помощью которого достигается интегративность.

Компоненты, составляющие комплекс дополняют друг друга и не всегда используются одновременно при изучении определённых аспектов знания (фрагментов информации). Наиболее эффективное восприятие информации достигается использованием в каждом конкретном случае (при изучении различных фрагментов информации) наиболее подходящих компонентов комплекса, характеризующихся наивысшими показателями педагогической эффективности.

Исследование проводилось с целью создания и использования комплекса моделей. Педагогическая эффективность комплекса, характеризующая его интегративные свойства, представлена в виде таблицы 3.9.

Таблица 3.9

Информационные блоки (фрагменты информации)	Показатели			
	Информативность	Доступность восприятия	Затраты времени	Освоенность
1. Модельное представление электрона и его свойств	4	4	4	4
2. Взаимодействие электронов в оболочке атома;	4	3	4	4
3. Образование электронных оболочек;	4	3	3	2
4. Проверка устойчивости электронных оболочек;	4	4	2	1
5. Распределение электронов в атоме по оболочкам;	4	4	4	4
6. Окислительно-восстановительные свойства элементов;	4	4	3	3
7. Степень окисления и валентность;	4	4	4	3
8. Изучение разных видов ковалентных связей;	4	4	3	4
9. Направленность связей в молекулах.	4	4	4	4
Средний балл	4	3.8	3.4	3.2

Экспериментальная проверка показала, что ни одна из моделей не способна конкурировать с комплексом. Применение комплекса по всем показателям имеет положительные значения. Меньшие значения показателя освоенности указывают на необходимость наличия, освоения и более широкого использования демонстрационных и раздаточных моделей в курсе химии средней школы.

Также к констатирующему этапу эксперимента относится проверка качества знаний учащихся при использовании комплекса, состав которого кратко показан в схеме 3.2.

Пилотная проверка качества знаний учащихся проходила выборочно по нескольким темам раздела, изложенным в разделе 3.2.

Критериями оценки качества знания являются:

- 1) целостность и сформированность знания;
- 2) прочность и долгосрочность сохранения знания;

- 3) возможность использования полученного знания, то есть умение применять знание и оперировать информацией.

Группы вопросов, обнаруживающих качество знания учащихся:

- 1.1 общее строение атома;
- 1.2 размеры и пропорции составляющих частей атома;
- 1.3 взаиморасположение частиц, составляющих атом;
- 1.4 взаимодействие атомных частиц в атоме и атомов между собой;
- 2.1 перечисление периодообразующих электронных оболочек;
- 2.2 определение устойчивости оболочек;
- 2.3 объяснение причин образования разных типов ковалентных связей;
- 3.1 возможность нахождения межпредметных связей при изучении темы строение атома (свойство спин электрона, вопросы строения атома);
- 3.2 объяснение причин образования определённых валентных углов в молекулах метана, аммиака, воды, серной кислоты;
- 3.3 объяснение и демонстрация заторможенности вращения частей молекул в соединениях с двойной связью (на основе строения электронной оболочки молекулы);

Опрос учащихся с целью выяснения целостности и сформированности знания проводился в школе №1679 в 9-х и 10-х классах. При проведении опроса внимание уделялось пониманию закономерностей формирования электронных оболочек, усвоенных с помощью использования кольцевых моделей и обучающей компьютерной программы «Глобус атома», а также возможность использования полученного знания с прогностическими целями. Пилотный опрос показал высокое качество знаний учащихся и лёгкость его использования при ответе на вопросы проблемного характера.

Пилотный опрос бывших учащихся школы № 1100, в которой строение вещества преподавалось в 9–11-х классах с использованием фрагментов

комплекса, включающего кольцевые модели, проводился с целью проверки долгосрочного сохранения знания. Бывшие школьники по прошествии 3 лет по окончании школы способны ответить на ряд вопросов, касающихся электронного строения атома и формирования молекулярных электронных оболочек химических соединений. Долгосрочное сохранение знаний объясняется формированием долгосрочной образной памяти, сохраняющей простые, эстетически приятные и информационно ёмкие образы. Упрощённое понимание двойственности свойств электрона и наличия у него свойства спин с помощью кольцевых моделей позволяет сохранять знание как органически вплетённое в мировые закономерности, окружающие человека в любой области его деятельности.

Возможности использования кольцевых моделей существенно раздвигают границы использования комплекса моделей в изучении химии и проведения модельных экспериментов.

Выводы к главе 3.

1. Разрыв между принятым базовым уровнем обучения классов общеобразовательной школы и существующей необходимостью изучения физики и химии в свете современных научных представлений о строении атома, идейная несовместимость моделей молекулярных орбиталей с более простыми традиционными моделями приводит к необходимости приведения содержания в соответствие с принципами не только историчности, но и научности, фундаментальности, адаптивности и технологичности. Взаимная противоречивость моделей в базовом обучении приводит к парадоксальности знания. Носителем знаний разного уровня сложности об устройстве атома и его свойствах может являться модель кольцевидных электронных оболочек. Её методическая простота и доступность позволяет использовать её в общеобразовательной школе, в том числе и в классах гуманитарного профиля, а её вариативность и возможность использования усложнённых моделей (узнаваемо кольцевидных: волнообразных, или из замкнутых спиралей) позволяет её использовать и в классах углубленного изучения.
2. Кольцевидные модели могут использоваться на протяжении преподавания всего курса химии, с самого начала изучения Периодического закона. Использование наглядных моделей предусмотрено для широкого круга тем: “Периодический закон и периодическая система химических элементов Д. И. Менделеева. Строение атома. Строение веществ”.
3. Проблема неполноценности содержания обучения, порожденная сложностью и избыточной противоречивостью традиционно

используемых моделей, может быть решена фрагментарным изменением содержания, связанным с введением в обучение новых моделей.




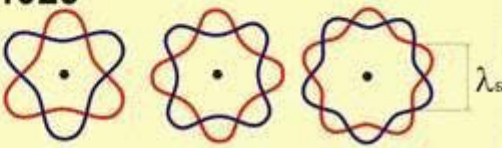
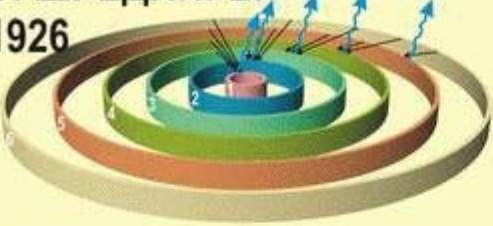
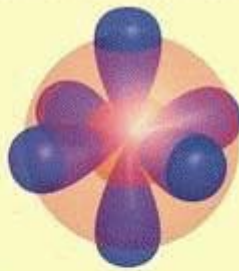

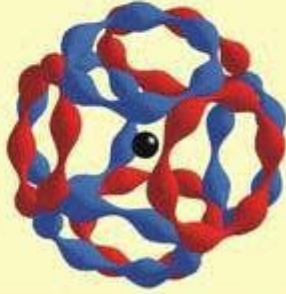
4. Предложены различные методические приемы использования новых моделей в основных темах курса химии 8-11 классов: предусмотрено использование новых моделей для демонстраций; использование ознакомительных видеоматериалов и проведение компьютерных уроков; предложено проведение фронтальных работ, а также лабораторных и практических работ в виде модельных экспериментов проводимых учащимися самостоятельно или в составе коллектива.
5. Кольцегранные модели, объединяя в себе достоинства и электронных схем и орбитальных моделей, предоставляют новые дидактические возможности в виде проведения модельных экспериментов, для проведения которых разработаны образцы технологических карт для учащихся, а также таблицы по теме «Строение вещества» и методические рекомендации для учителей.
6. Рассмотрено примерное тематическое планирование материалов программы, организационные формы и методические приёмы изложены в виде таблицы.
7. Подготовленное таким образом использование новых - кольцегранных моделей позволяет перевести обучение на новый уровень восприятия информации: образно-наглядно-действенный.

Заключение

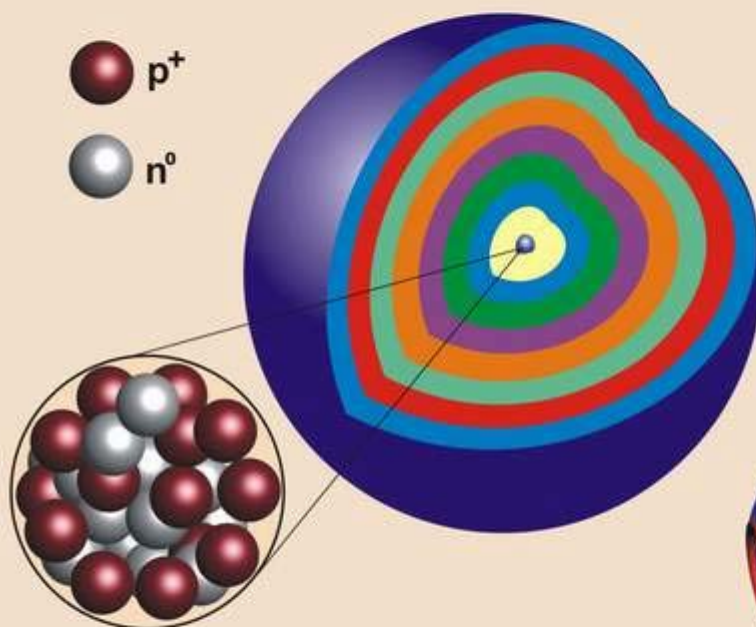
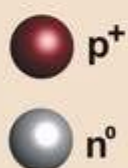
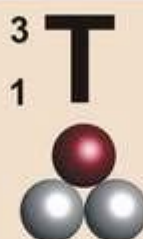
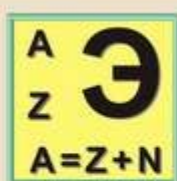
Выполненное исследование имеет теоретико-практический характер и направлено на решение проблемы создания научно обоснованной системы учебных моделей и способов её эффективного использования в школе.

1. Проведен анализ содержания курса химии 8-11 классов и определены тенденции создания и использования учебных моделей атомов и молекул для курса химии средней школы. Показана роль моделей как инструмента деятельности учителя и ученика при изучении раздела «Строение вещества». На основе анализа фонда демонстрационных средств обучения и учебного оборудования для самостоятельных работ выявлена необходимость создания моделей нового поколения, позволяющих избежать фрагментарности и отрывочности усвоения информации, обеспечив связность и системность знания, моделей, создающих ясный образ распределения электронов в каждом атоме или молекуле по электронным оболочкам.
2. Сформулированы теоретические положения создания и применения системы учебных моделей для обучения химии, представленные в виде педагогико–эргономических требований к моделям. Разработан комплекс учебных моделей, включающий новые кольцевидные модели, дополняющие традиционно используемые в курсе химии средней школы. Определен компонентный состав моделей для изучения курса химии по разделу «Строение вещества. Химическая связь». С целью адаптации научных знаний предложены разные виды кольцевидных моделей, используемые как инструмент деятельности учащихся, без которого затруднено восприятие учебного материала и усвоение его научного содержания.

3. Разработана методика использования комплекса наглядных моделей (с включением кольцевых) в школьном курсе химии средней школы, предусмотрена возможность проведения с их помощью модельных экспериментов в форме демонстраций, лабораторных и практических работ. Для удобства и простоты использования комплекса моделей с встроенными компонентами новых средств и технологий, предусмотрено первичное ознакомление учащихся с помощью видео-демонстрации и проведения компьютерных уроков. Разработаны дидактические видеоматериалы и компьютерные программы для обучения с использованием новых кольцевых моделей не только для демонстраций, но и для проведения процессов моделирования учащимися в разных организационных формах занятий (индивидуальных и групповых), что позволяет перевести обучение на новый уровень восприятия информации - образно-наглядно-действенный. Проведённая экспериментальная проверка педагогической эффективности использования комплекса моделей атомов и молекул в школьной практике подтвердила гипотезу данного исследования.

1 СТРОЕНИЕ ВЕЩЕСТВА. ХИМИЧЕСКАЯ СВЯЗЬ. ИСТОРИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ СТРОЕНИЯ АТОМА	
Д. ТОМСОН 1895 Модель “Булка с изюмом” 	Э. РЕЗЕРФОРД 1911 Ядерная модель 
Н. БОР 1913  Планетарная модель	Л. ДЕ БРОЙЛЬ 1923  Волновая модель
Э. ШРЕДИНГЕР 1926  Квантово-механическая модель	 Орбитальная модель
К. СНЕЛЬСОН 1963  Кольцевая модель	 Волновая модель
ХИМИЯ	

2 СТРОЕНИЕ ВЕЩЕСТВА. ХИМИЧЕСКАЯ СВЯЗЬ. СТРОЕНИЕ АТОМА

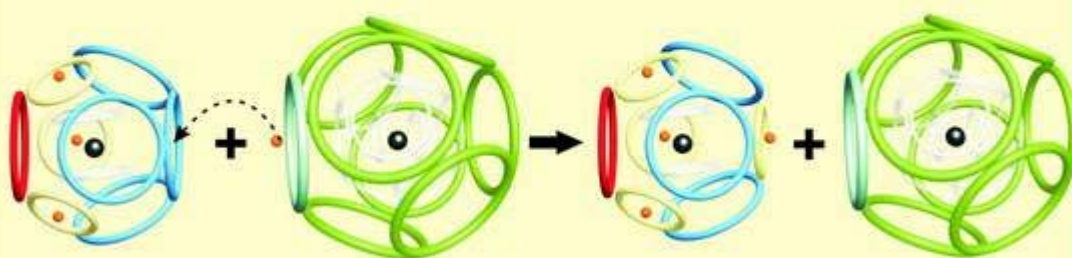
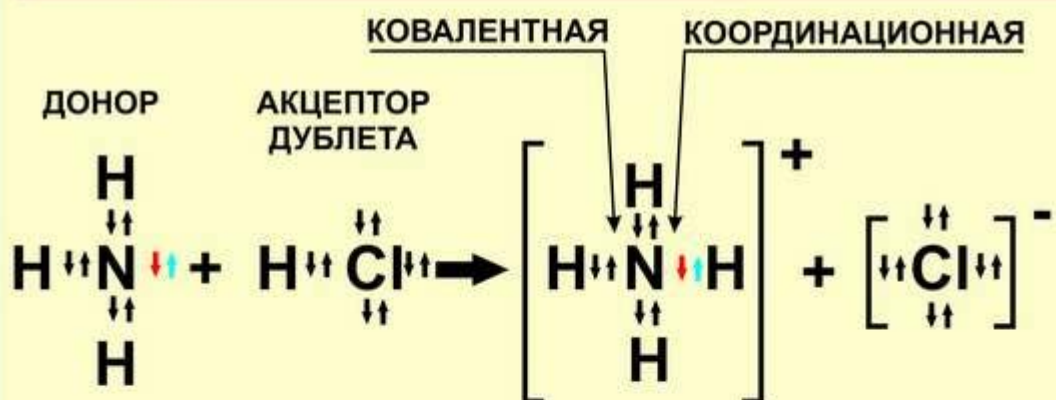
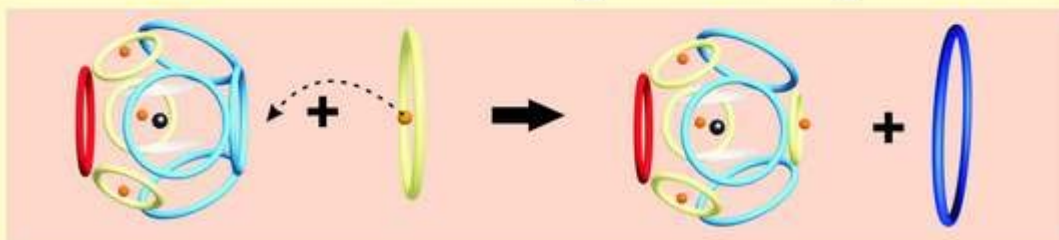
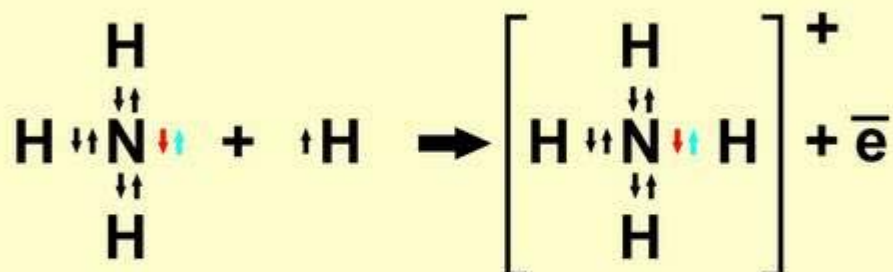


ХИМИЯ

12 ПЕРИОДИЧЕСКИЙ ЗАКОН. СТРОЕНИЕ ВЕЩЕСТВА. ХИМИЧЕСКАЯ СВЯЗЬ.

КООРДИНАЦИОННАЯ СВЯЗЬ

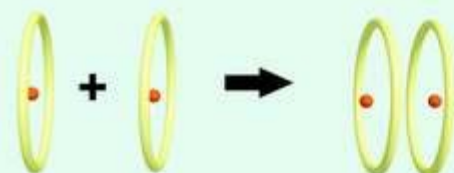
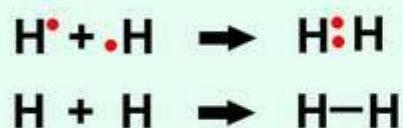
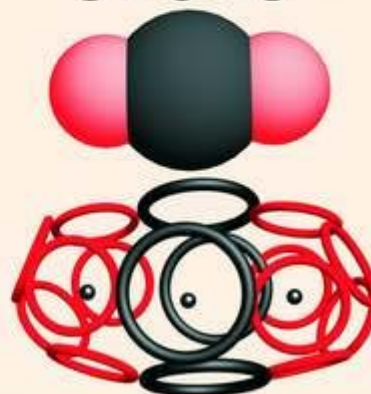
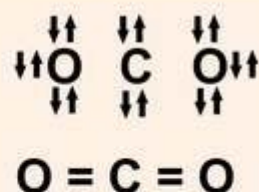
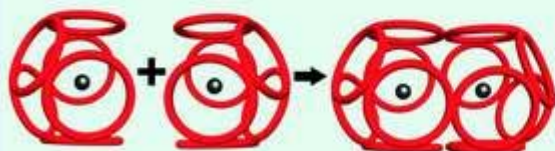
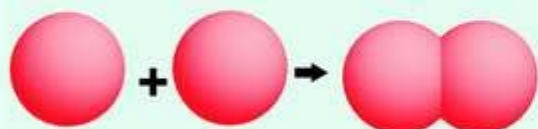
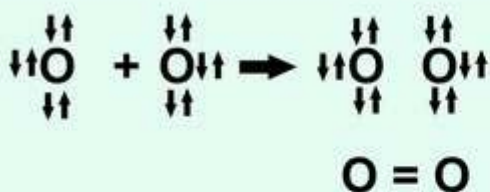
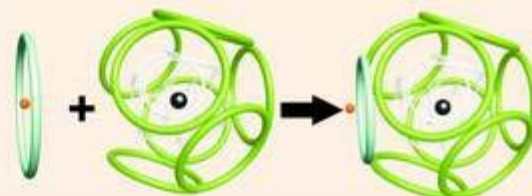
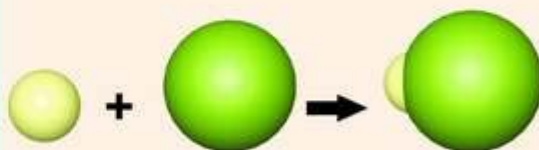
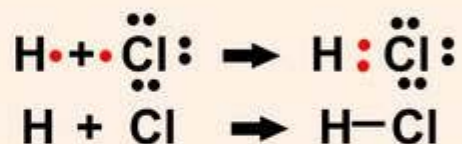
ОБРАЗОВАНИЕ ИОНА АММОНИЯ



8

ПЕРИОДИЧЕСКИЙ ЗАКОН. СТРОЕНИЕ ВЕЩЕСТВА. ХИМИЧЕСКАЯ СВЯЗЬ.

КОВАЛЕНТНАЯ СВЯЗЬ

ОБРАЗОВАНИЕ НЕПОЛЯРНОЙ
СВЯЗИОБРАЗОВАНИЕ ПОЛЯРНОЙ
СВЯЗИ


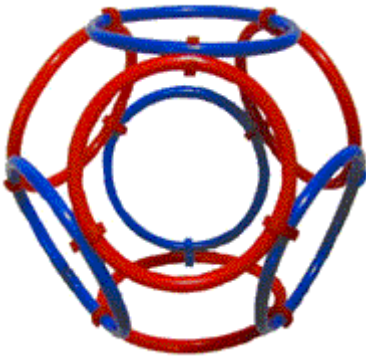
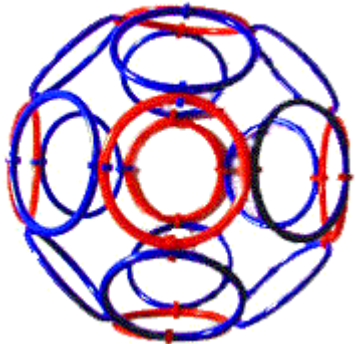
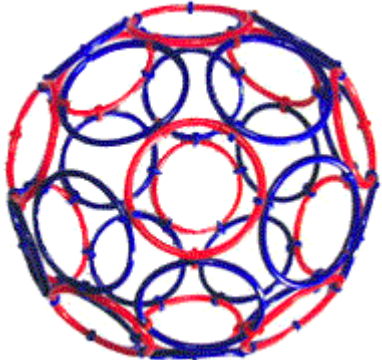

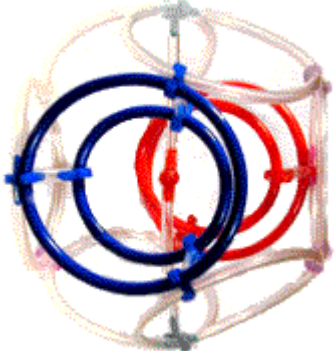
ХИМИЯ

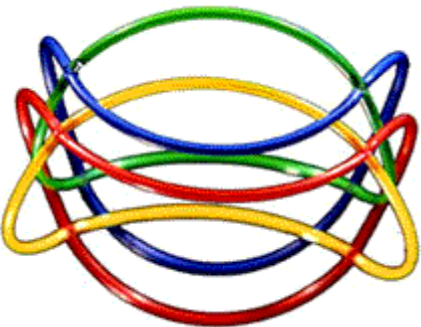
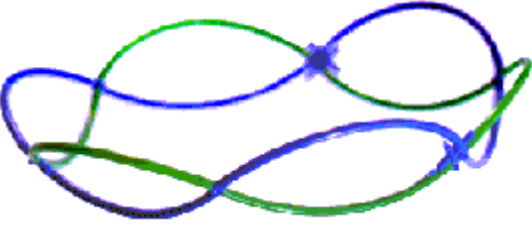
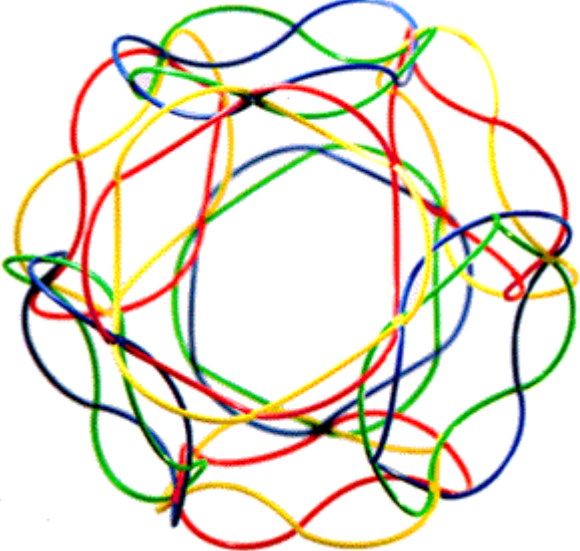

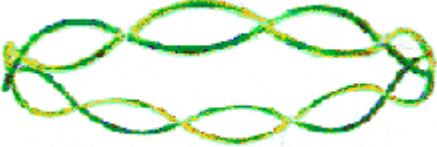
9 ПЕРИОДИЧЕСКИЙ ЗАКОН. СТРОЕНИЕ ВЕЩЕСТВА. ХИМИЧЕСКАЯ СВЯЗЬ. ВАЛЕНТНЫЕ УГЛЫ В МОЛЕКУЛАХ НЕКОТОРЫХ СОЕДИНЕНИЙ

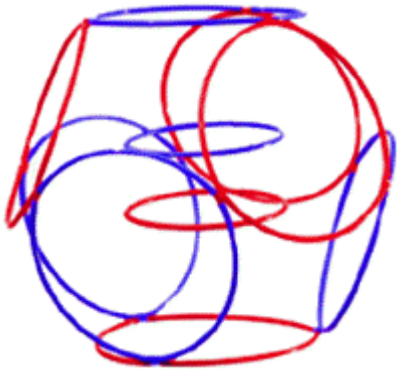
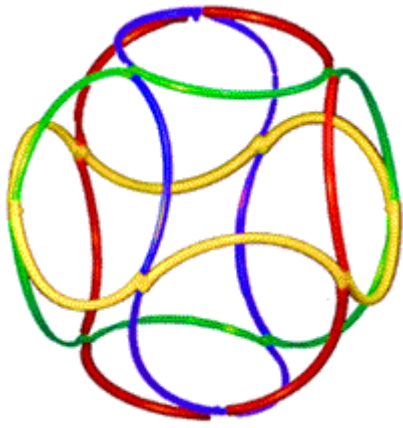
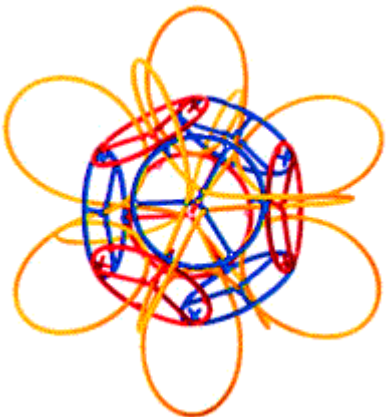
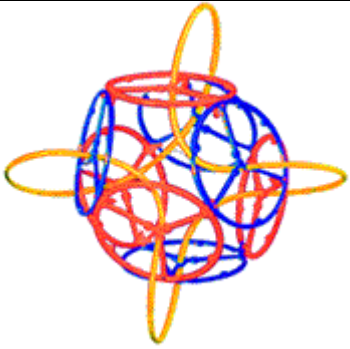
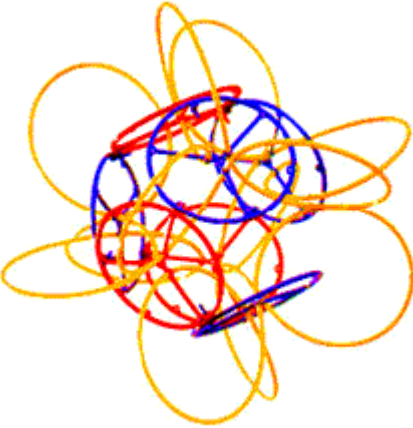

Химическая формула	Кольцевые Модели	Модели Стюарта Бриглеба	Величина угла
H_2O			 $104^{\circ} 30'$
H_2S			 90°
H_2Se			 92°
NH_3			 108°
CH_4			 $109^{\circ} 28'$
CO_2			 180°



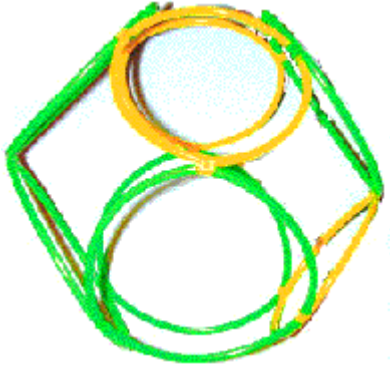
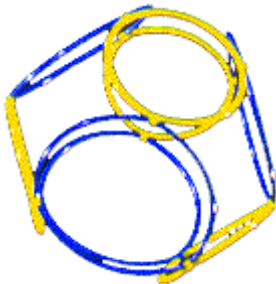
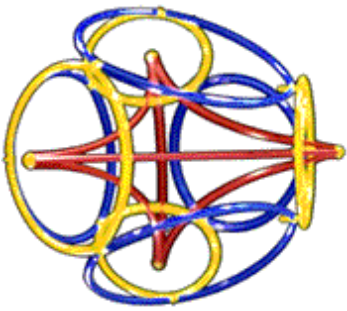

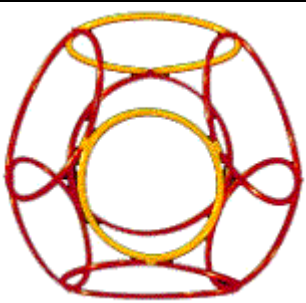
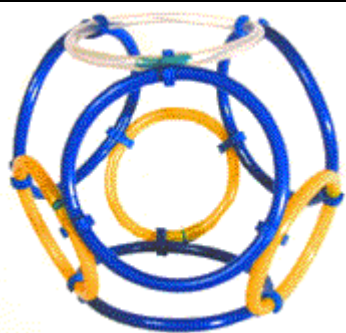
ХИМИЯ

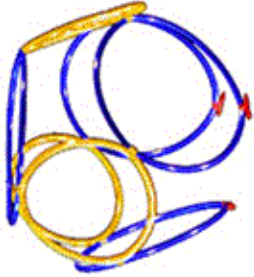

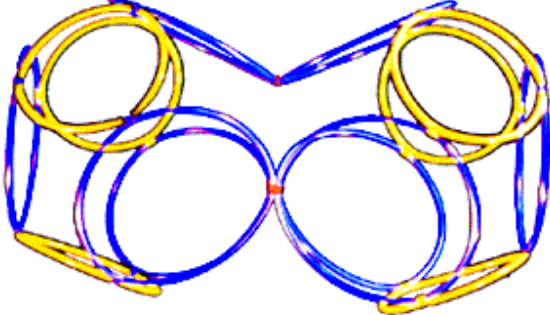
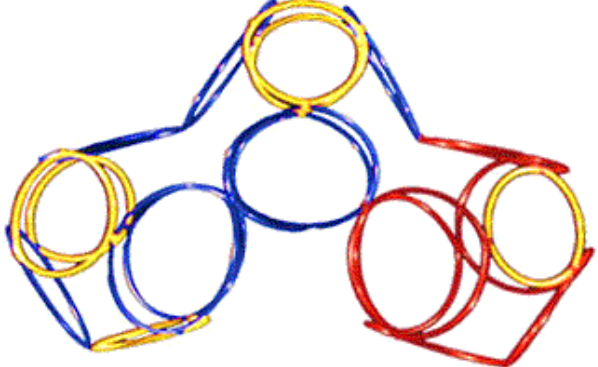
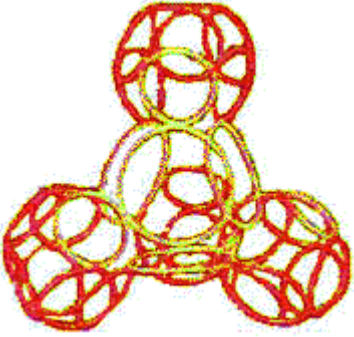



Иллюстрации к тексту диссертации


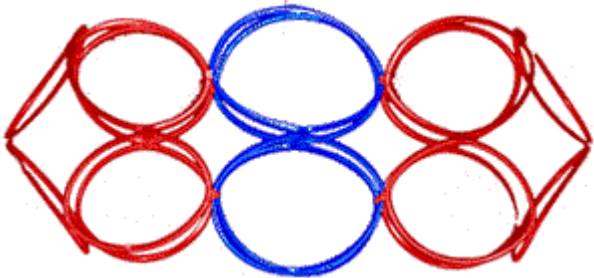
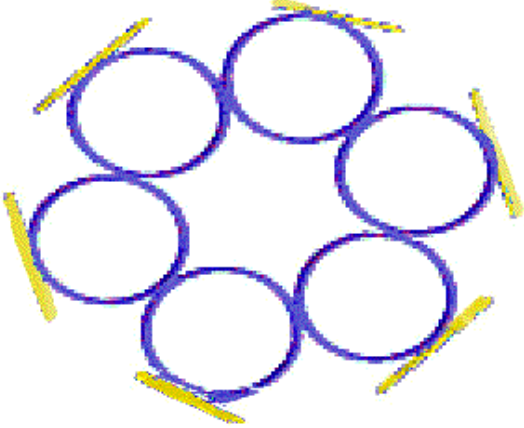
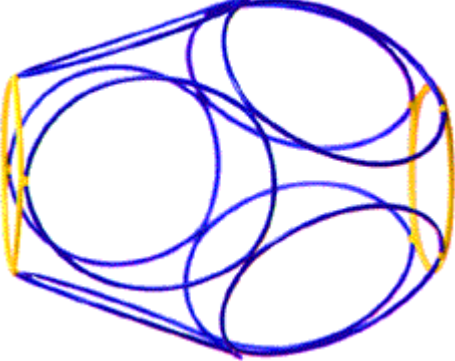
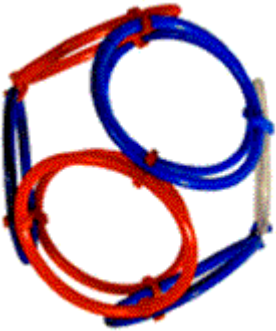
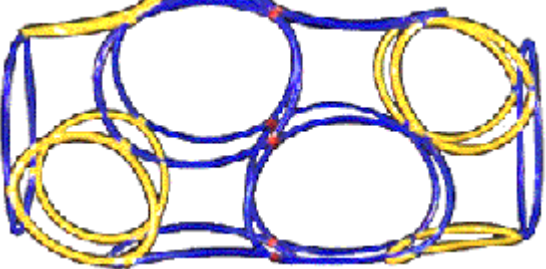
	
<p>Рис. 1. Расположение четырех электронов - колец в гранях тетраэдра.</p>	<p>Рис. 2. Оболочка из восьми электронов. Разные цвета колец обозначают различную ориентацию электронов (или вектора спин) относительно ядра.</p>
	
<p>Рис. 3. Фигура из 18 колец - модель оболочки из 18 электронов.</p>	<p>Рис. 4. Кольцевая оболочка из 32 электронов – колец.</p>
	
<p>Рис. 5. Модель двухэлектронной оболочки, выполненная из двух колец.</p>	<p>Рис. 6. Изображение s-электронов первой и второй оболочки.</p>

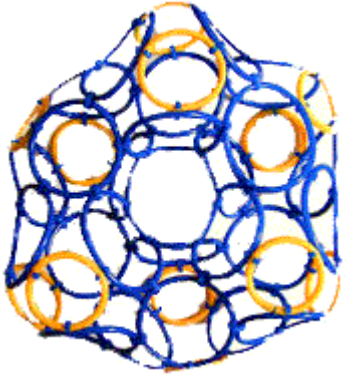
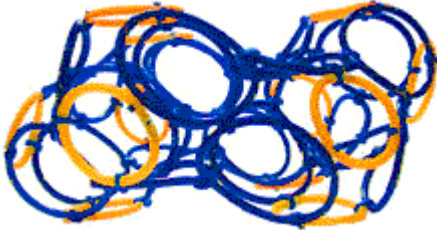
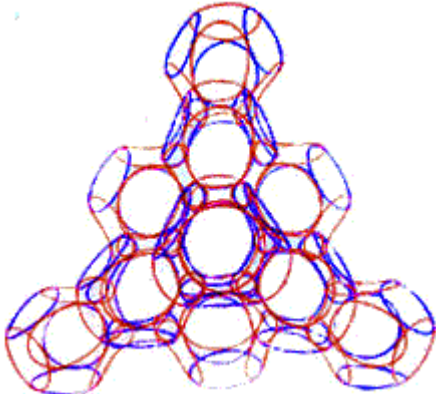
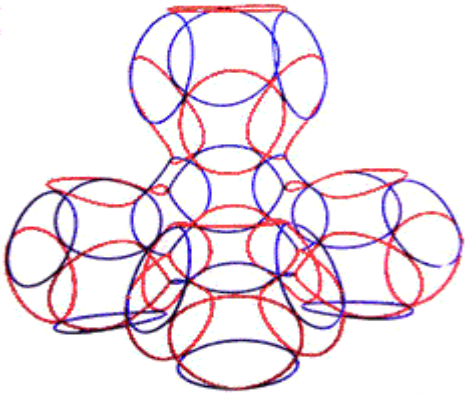
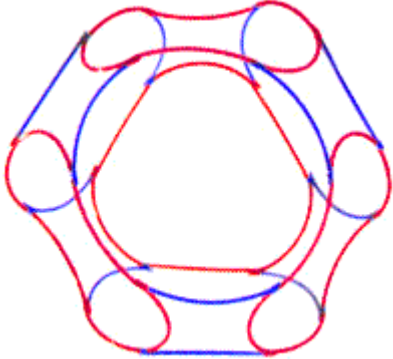
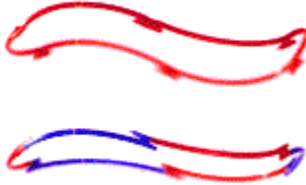
	<p>Рис. 7. Двухэлектронная оболочка из волновых колец. В каждом кольце две длины волны. Разные фазы обозначены разным цветом.</p>
	
<p>Рис. 8. Модель электрона в виде стоячей волны. В кольце три длины волны, что соответствует расположению электрона в оболочке из восьми электронов.</p>	<p>Рис. 9. Восьмизлектронная оболочка из волновых колец, содержащих по три длины волны в кольце. Красный с синим цвета (также как и противоположные им по фазе волны желтый с зелёным) обозначают различные знаки спин электронов в оболочке.</p>
	
<p>Рис. 10. Модель волнового кольца : четыре длины волны.</p>	<p>Рис. 11. Волновое кольцо из пяти длин волн.</p>

	
<p>Рис. 12. Оболочки атома неона: внутренняя из 2 и внешняя из 8 электронов.</p>	<p>Рис. 13. Цветом иллюстрируется замыкание электрических потоков в пределах оболочки.</p>
	
<p>Рис. 14. Желтые спирали обозначают магнитные силовые линии оболочки.</p>	<p>Рис. 15. Символическое изображение одной магнитной силовой линии, обвивающей все электроны оболочки.</p>
	
<p>Рис. 16. Желтым цветом показаны магнитные силовые линии электронов оболочки галогена, которые создают ловушку для акцепторного электрона.</p>	<p>Рис. 17. Прозрачным кольцом показано вакантное место, которое может быть занято акцепторным электроном, или атомом водорода.</p>

	
<p>Рис. 18. Модель молекулы фтороводородной кислоты (HF).</p>	<p>Рис. 19. Модель молекулы воды (H₂O).</p>
	
<p>Рис. 20. Модель молекулы аммиака (NH₃). Ядра азота и водорода не изображены.</p>	<p>Рис. 21. Модель молекулы метана (CH₄). Ядра атомов не изображены.</p>
	
<p>Рис. 22. Модель молекулы метана (CH₄) с изображением ядер атомов водорода.</p>	<p>Рис. 23. Модель гидроксильной группы (-OH). Вакантное место (незаполненная орбиталь) показано прозрачным кольцом.</p>
	
<p>Рис. 24. Модель гидроксил – иона (OH⁻). Вакантное место занято акцепторным электроном (желтое кольцо большего размера).</p>	<p>Рис. 25. Модель метилового радикала (-CH₃). Ядра атомов не изображены.</p>

	
<p>Рис. 26. Модель метилового радикала (-CH_3) для сборки модели соединения (без прозрачного кольца).</p>	<p>Рис. 27. Модель гидроксильной группы (-OH) для сборки модели соединения (без прозрачного кольца).</p>
	
<p>Рис. 28. Модель молекулы этана в затененной конформации. Кольца желтого цвета обозначают атомы водорода. Синие кольца – электроны внешней оболочки атомов углерода.</p>	<p>Рис. 29. Модель молекулы этанола (этилового спирта) $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$</p>
	
<p>Рис. 30. Модель молекулы серной кислоты (H_2SO_4)</p>	<p>Рис. 31. Модель молекулы галогенида углеводорода CHFCIBr с разными радикалами.</p>
	
<p>Рис. 32. Электронная оболочка из шести электронов – колец. Цветом показаны знаки спин, препятствующие вращению относительно линии связи.</p>	<p>Рис. 33. Модель молекулы кислорода (O_2) – двойная ковалентная связь.</p>

	
<p>Рис. 35. Расположение колец – электронов углерода в модели молекулы бензола (C_6H_6).</p>	<p>Рис. 34. Молекула углекислого газа (CO_2) – соединение с двойной ковалентной связью.</p>
	
<p>Рис. 36. Модель молекулы бензола (C_6H_6). Внешние электроны углерода образуют плоскости. Желтые кольца обозначают атомы водорода.</p>	<p>Рис. 37. Модель молекулы ацетилена (C_2H_2). Электронная оболочка теряет октаэдрическую симметрию.</p>
	
<p>Рис. 38. Модель электронной оболочки из семи электронов – колец. Цветом показаны знаки спин, разрешающие вращение относительно линии связи.</p>	<p>Рис. 39. Модель электронной поверхности молекулы этана в шахматной конформации. Ядра атомов и внутренние оболочки атомов углерода не изображаются.</p>

	
<p>Рис. 40. Модель электронной поверхности молекулы циклогексана в кресельной конформации. Желтые кольца обозначают атомы водорода, синие кольца – электроны углерода.</p>	<p>Рис. 41. Модель электронной поверхности молекулы циклогексана в кресельной конформации. Вид сбоку демонстрирует расположение атомов в молекуле в разных плоскостях.</p>
	
<p>Рис. 42. Электронная структура фрагмента кристалла алмаза: проекция на грань 111.</p>	<p>Рис. 43. Электронный вид окружения одного атома углерода из структуры алмаза.</p>
	
<p>Рис. 44. Расположение и форма электронов одного атома углерода в структуре алмаза.</p>	<p>Рис. 45. Сравнение “виртуального электрона связи” и электрона углерода в структуре алмаза.</p>

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Bergman D.L. Spinning Charged Ring Model of Elementary Particles // Galilean Electrodynamics, 1991. – vol. 2. – №2. – P. 30-32.
2. Bergman David.L. and Lucas J., Charles W. Physical Models for Elementary Particles, Atoms and Nuclei / Presented at IVth International Conference: Problem of Space, Time and Motion. – St. Petersburg, September 1997.
3. Lucas J. A Physical Model for Atoms and Nuclei // Galilean Electrodynamics, January/February 1996. – vol.7, – №1, P. 3-12.
4. Snelson K. Portrait of an atom / Exhibition booklet. Baltimore's Maryland Science Center, 1981.
5. Аркавенко Л. Н. Методические основы создания и использования системы приборов и установок для факультативного курса «Химия в промышленности»: диссертация к.п.н. (13.00.02) – Москва 1991. – 218с.
6. Ацюковский В. А. Общая эфиродинамика. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 70с.
7. Беклямишев В.О. Теория вакуума. Ч.1.– СПб.:ООО “Конгресс”, 1998. – 104с.
8. Бердоносков С. С. Как объясняет строение молекул модель Р. Гиллеспи? // Химия в школе, 1996. – №2. – С. 16-21.
9. Бердоносков С. С. Учебники по химии: традиционные заблуждения и современность // Химия в школе, 2000. – № 5. – С. 22-27.
10. Болтянский В. Г. Формула наглядности – изоморфизм плюс простота // Сов. Педагогика, 1970. – № 5.
11. Бородин П. В. Наш подход к изучению строения метана, этилена и ацетиленов // Химия в школе, 1991. – № 6. – С.40-41.
12. Булавин Ю. И. Динамические модели электронных облаков // Химия в школе, 1995. – №4. – С. 69-70.

13. Бунин В. А. Математика и трудности физики // Сознание и физическая реальность. – М.: изд. Фолиум, 1997. – т. 2. – № 2. – С. 71-79.
14. Ванюгина Т. В., Миллиареси Е. Е. Факультативный спецкурс «Пространственное и электронное строение органических соединений» // Химия в школе, 1988. – № 4. – С. 43-44.
15. Верховский В. Н. И Смирнов А. Д. Техника химического эксперимента. Пособие для учителей. – т. 1, изд. 6-е, переработанное – М., Просвещение, 1975. – 368с.
16. Верховский В. Н. И Смирнов А. Д. Техника химического эксперимента. Пособие для учителей. – т. 2, изд. 6-е, переработанное – М., Просвещение, 1975. – 383с.
17. Виноградова Н. К. Организационно-педагогические основы проектирования предметно образной среды учебного комплекса «детский сад – школа»: текст диссертации к.п.н. (13.00.02) – Москва 1999. – 313с.
18. Власов А. Д. Атом Шредингера // УФН, 1993. – № 2. – т. 163. – С. 97-103.
19. Власов А. Д. Классическое направление в квантовой механике. – М.: МРТИ РАН, 1993. – 229с.
20. Габриелян О. С., Смирнова Т. В. Изучаем химию в 8 классе: Методическое пособие к учебнику Габриеляна О. С. Химия – 8 для учащихся и учителей. Дидактические материалы. / Под общ. ред. Т. В. Смирновой. – М.: Блик плюс, 1997. – 224с.
21. Галиулин Р. В. Лекции по геометрическим основам кристаллографии: Текст лекций. – Челябинск: Урал. Гос. Ун-т, Челяб. гос. ун-т, 1989. – 81с.
22. Гапич Г. П. Интегрированный урок повторения и обобщения знаний // Химия в школе, 1998. – № 7. – С. 26-28.
23. Гаркунов В. П. Методика преподавания химии / Под ред. Н. Е. Кузнецовой. – М.: Просвещение, 1984. – 415с.

24. Гейзенберг В. Физика и философия. – М.: Наука, 1989. – 400с.
25. Глинка Н. Л. Общая химия: Учебное пособие для вузов. – 21-е изд. / Под ред. Рабиновича В. А. – Л.: Химия, 1980. – 720с.
26. Голубев И. М., Аверин А. В. Изображение σ и π -связей на одном рисунке // Химия в школе, 1990. – № 2. – С.39.
27. Голубев И.М. О понятии «электронное облако» // Химия в школе, 1980. – №5. – С.36.
28. Грабецкий А. А., Зазнобина Л. С., Назарова Т. С. Использование средств обучения на уроках химии. – М.: Просвещение, 1988. – 160с.
29. Грабецкий А.А., Назарова Т.С., Лаврова В.Н. Химический эксперимент в школе. – М.: Просвещение, 1987. –240с.
30. Гузей, Л. С., Сорокин В. В., Суровцева Р. П. Строение атома и химическая связь // Химия в школе, 1988. – № 2. – С. 46-51.
31. Гузей, Л. С., Сорокин В. В., Суровцева Р. П. Строение атома и химическая связь // Химия в школе, 1988. – №3. – С. 42-48.
32. Гузик Н. П. Обучение органической химии: Книга для учителя: Из опыта работы. – М.: Просвещение, 1988. – 224с.
33. Давыдов В. В. Виды обобщения в обучении. Логико–психологические проблемы построения учебных предметов. – М.: Педагогика, 1972. – 424с.
34. Давыдов В. В. Проблемы развивающего обучения: Опыт теоретических и экспериментальных психологических исследований. – М.: Педагогика, 1986. – 240с.
35. Давыдов В. В. Теория развивающего обучения. – М.: ИНТОР, 1996. – 544с.
36. Давыдов В. В., Варданян А.У. Учебная деятельность и моделирование. – Ереван: Луйс, 1981. – 220с.

37. Дайнеко В. И. Лекция «Теория строения. Углеводороды: связь строения со свойствами» // Химия в школе, 1988. – №1. – С.36-43.
38. Дидык Ю. К., Уразаков Э.И. Сборник проблемных лекций по физике: Учебное пособие. – ВВВСКУ: Дубна, 1990. – 62с.
39. Дризовская Т.М. Методика обучения химии в 9 классе. Пособие для учителей. – М.: Просвещение, 1965. – 224с.
40. Дроздов С. Н. Тетраэдрическая модель и её использование // Химия в школе, 1982. – № 3. – С.52-54.
41. Дуков В.М. Два века работы над школьным учебником физики // Проблемы школьного учебника. – М.: Просвящение, 1990. – вып.19, сост. В.Р. Рокитянский. – С. 236-269.
42. Егорова А. А. О взаимосвязи курсов естествознания и химии // Химия в школе, 1995. – № 1. – С.30-31.
43. Загорский В. В. «Вальдорфское» преподавание химии // Химия в школе, 1995. – № 3. – С.10-13.
44. Зайцев О. С. Общая химия. Состояние веществ и химические реакции. Учебное пособие для вузов. – М.: Химия, 1990. – 352с.
45. Зайцев О. С. Методика обучения химии. – М.: ВЛАДОС, 1999. – 384с.: ил.
46. Занков Л.В. Избранные педагогические труды. – М.: Новая школа, 1996. – 426с.
47. Зелинский А.Н. Академик Н.Д.Зелинский (Новое в жизни, науке, технике. Сер. «Химия», № 11). – М.: Знание, 1981. – 64с.
48. Зинченко В.П., Мунипов В.М. Основы эргономики. – М.: изд-во МГУ, 1979. – 343с.
49. Зорина Л.Я. Системность – качество знаний. – М.: Знание 1976. – 64с.
50. Иванова Р. Г. Об изучении химии в 7 и 8 классах // Химия в школе, 1981. – № 4. – С.24-29.

51. Иванова Р. Г. Об основных направлениях обновления химического образования при переходе к двенадцатилетней школе // Химия в школе, 2000. – № 3. – С. 2-5.
52. Канарев Ф.М. Кризис теоретической физики. – Краснодар КГАУ, 1998. – 200с.
53. Качалова О. И. Методические основы организации школьного практикума по общей химии (11 класс): автореферат на к.п.н. (13.00.02) – Омск: ОГПУ, 1998. – 20с.
54. Кидд Р., Ардини Дж., Антон А. Представление эффекта Комптона в качестве двойного доплеровского сдвига // Физика за рубежом: Преподавание. – М.: Мир, 1988. – С. 68-79. Перевод статьи Kidd R., Ardini J., Anton A. - Amer. J. Phys., 1985. -v 53. – № 7. – p.641.
55. Кийранен К. Атомно – молекулярные модели // Химия в школе, 1995. – № 5. – С. 55-56.
56. Кожевников Д. Н. Кольцевые модели молекул // Журнал физической химии, 1996. – т. 70. – № 6. – С. 1134-1137.
57. Кузнецова Л. М. Наш опыт изучения темы «Химическая связь. Строение вещества в курсе химии 8 класса» // Химия в школе, 1982. – № 6. – С. 39-42.
58. Кузнецова Н. Е. Формирование систем понятий при обучении химии. – М.: Просвещение, 1989. – 144с.
59. Леонов В. С. Теория упругой квантованной среды. – Ч. 2. – Минск: изд-во “ПолиБиг”, 1997. – 122с.
60. Лихачев Б. Т. Педагогика. Курс лекций. Учебное пособие для студентов пед. Учебн. Заведений и слушателей ИПК и ФПК. – М.:Прометей, 1992. – 528с.

61. Логунов А. А. К работам Анри Пуанкаре «О динамике электрона». – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во МГУ, 1988. – 103с.
62. Лоренц Г. А. Теория электронов и её применение к явлениям света и теплового излучения. – М.: Гостехиздат, 1953. – 472с.
63. Лоренц Г.А. Старые и новые проблемы физики. – М.: Наука, 1970. – 264с.
64. Ляшенко Е. И., Гатаулин А. Г. Использование схем гибридизации электронных облаков атома углерода // Химия в школе, 1982. – № 5. – С. 41-42.
65. Макареня А.А. Теория и методика обучения химии. Избранные труды. – т. 2. – Тюмень: ТОГИРРО, 2000. – 335с.
66. Маурина И. Я., Липина Г.Н. Некоторые приемы использования моделей на уроках // Химия в школе, 1986. – № 3. – С. 51-53.
67. Медведев Ю. Н. Явление вторичной периодичности // Химия в школе, 1998. – № 3. – С. 9-19.
68. Методические рекомендации о преподавании химии в 1986/87 учебном году // Химия в школе, 1986. – № 3. – С. 23-27.
69. Методические рекомендации по обучению химическим дисциплинам и методике преподавания химии / Под ред. Г. М. Чернобельской. – М.: МГПИ, 1987. – 101с.
70. Минченков Е.Е. Концепция химического образования в школе // Химия в школе, 1993. – № 4. – С. 7-11.
71. Михайлова И. Б. Чувственное отражение в современном научном познании. – М.: Мысль, 1972. – 277с
72. Назарова Т. С. Теоретические основы создания и использования системы материальных средств обучения химии в средней школе. Диссертация на соискание ученой степени д.п.н. (13.00.02) – Москва: НИИСМО, 1988. – 42с.

73. Назарова Т.С., Полат Е. С. Средства Обучения: технология создания и использования. – М.: Изд-во УРАО, 1998. – 204с.
74. Нейланд О.Я. Органическая химия: Учеб. для хим. спец. Вузов. – М.: Высш. Шк., 1990. – 751с.
75. Новые педагогические и информационные технологии в системе образования: Учебное пособие для студентов педагогических вузов и системы повышения квалификации педагогических кадров / Под ред. Е. С. Полат. – М.: Изд. центр Академия, 1999. – 224с.
76. Нурминский И.И. Физика – 11. Учебник для школ и классов с углубленным изучением физики. – М.: НТ-Центр, 1993. – 160с.
77. Нурминский И. И., Гладышева Н. К. Физика - 9: Учебник для 9 класса общеобразовательных учреждений. – М.: Просвещение, 1998. – 256с.
78. Обучение химии в 7 классе: Пособие для учителя./ А. С. Корощенко, П. Н. Жуков, М. В. Зуева и др./ Под ред. А. С. Корощенко. – М.: Просвещение, 1988. – 160с.
79. Общая методика обучения химии. Пособие для учителей./ Под ред. Л. А. Цветкова. – М.: Просвещение, 1982. – 223с.
80. Оганян Х. Что такое спин?// Физика за рубежом: Преподавание. – М.: Мир, 1988. – С. 68-79. Перевод статьи Ohanian H. C. – Amer. J. Phys., 1986. – v. 54. – № 6. – p.500.
81. Органическая химия / Под ред. Тюкавкиной Н. А. – М.: Медицина, 1989. – 432с.
82. Осидак В.Н. Электрон: внутренняя структура// Физическая мысль России, – М.: РИА "Кречет", 1996. – № 2. – С. 49-59.
83. Педагогика: Учебное пособие для студентов пед. Ин-тов / Ю. К. Бабанский, В. А. Сластенин, Н. А. Сорокин и др./ Под ред. Ю. К. Бабанского. – 2-е изд., доп. и перераб. – М.: Просвещение, 1988. – 479с.

84. Перечни учебного оборудования для общеобразовательных учреждений России. – Н. Новгород: Нижполиграф, 1994. – 309с.
85. Пидкасистый П. И. Самостоятельная познавательная деятельность школьников в обучении: Теоретико–экспериментальное исследование. – М.: Педагогика, 1980. – 240с.
86. Пидкасистый П. И., Портнов М. Л. Искусство преподавания: Второе издание. Первая книга учителя. – М.: Педагогическое общество России, 1999. – 212с.
87. Плахов И. А. Использование фланелеграфа при изучении темы «Первоначальные химические понятия» // Химия в школе, 1995. – № 2. – С. 46–47.
88. Полосин В. С., Ширина Л. К. Теория и практика использования динамических средств наглядности в обучении химии / Проблемы методики преподавания химии в средней школе. Под ред. М. П. Кашина и Л. А. Цветкова. – М.: Педагогика, 1973. – 272с.
89. Полосин В.С. Диссертации по методике обучения химии // Химия в школе, 1980. – № 1. – С. 74-77.
90. Потапов Ю. С., Фоминский Л. П. Вихревая энергетика и холодный ядерный синтез с позиций теории движения. – Кишинев - Черкасы: «ОКО - Плюс», 2000, – 387с.
91. Пугал Н.А. Создание и использование системы средств обучения биологии в общеобразовательной школе. Диссертация, 1994.
92. Рентгеновские микроскопы// В мире науки. – М.: Мир, 1991.– № 4. – С.36-43.
93. Родина Н.А. Самостоятельная работа учащихся по физике в 7-8 классах средней школы: Дидактические материалы /Гутник У.М, Кириллов И.Г.,

- Родина. Н.А / под ред. Н.А. Родиной. – 2-е изд. – М.: Просвещение, 1994. – 126с.
94. Ромазанов Б. И. Физика эфира и природа сил / Проблемы пространства, времени, тяготения: Материалы третьей Межд. конф. 22-27. 05.94. – СПб.: изд-во Политехника, 1995. – С. 175-185.
95. Ромашина Т. Н., Чернобельская Г. М. Закрепление знаний по органической химии с помощью опорных схем и тренировочных упражнений // Химия в школе, 1985. – № 4. – С. 39-40.
96. Рудзитис Г. Е., Фельдман Ф.Г. Химия: Неорганическая Химия. Учебник для 8 кл. сред. шк. – М.: Просвещение, 1993. – 158с.
97. Рудзитис Г. Е., Фельдман Ф.Г. Химия: Неорганическая Химия. Учебник для 9 кл. сред. шк. – М.: Просвещение, 1990. – 176с.
98. Рудзитис Г. Е., Фельдман Ф.Г. Химия: Органическая Химия: Основы общей химии (Обобщение и углубление знаний). Учебник для 10 кл. сред. шк. – М.: Просвещение, 1991. – 160с.
99. Садовская И. Л. Методика коррекции усвоения знаний в процессе обучения биологии в педагогическом вузе: текст диссертации к.п.н. (13.00.02) –Красноярск: КГПУ, 2000. – 151с.
100. Сапогин Л. Г. Наглядный микромир. – Техника молодежи, 1989. – № 1. – С. 40–45.
101. Симон Р. Эксперимент в химическом познании // Эксперимент, модель, теория. Наблюдение, эксперимент, практика. – Москва-Берлин: изд-во Наука, 1982. – С. 76-87.
102. Скаткин М. Н. Методология и методика педагогических исследований. В помощь начинающему исследователю. – М.: Педагогика, 1986. – 152с.
103. Скаткин М. Н. Проблемы современной дидактики. 2-е изд. – М.: Педагогика, 1984. – 96с.

104. Смирнова Ж. И. Изготовление шаростержневых моделей // Химия в школе, 1984. – № 1. – С. 61.
105. Смирнова Т. В. Формирование научного мировоззрения учащихся при изучении химии: Пособие для учителей. – М.: Просвещение, 1984. – 175с.
106. Смирнова. Т. В. К методике изучения раздела «Общая Химия» // Химия в школе, 1989. – № 4. – С. 35-44.
107. Сологуб А. И. Изготовление и применение магнитных моделей // Химия в школе, 1985. – № 3. – С. 55-56.
108. Соломон Д. Н., Степанов Е. Ю. Дидактический материал к магнитной доске//Химия в школе, 1982. – № 1. – С. 65.
109. Суровцева Р. П. Задания для самостоятельной работы по химии в 9 классе: Книга для учителя. – М.: Просвещение, 1995. – 64с.
110. Суровцева Р. П., Софронов С. В. Задания для самостоятельной работы по химии в 8 классе: Книга для учителя. – М.: Просвещение, 1993. – 96с.
111. Суровцева. Р. П.; Минченков Е. Е.; Габриелян О. С. Примерное тематическое планирование учебного материала по химии для 8 класса // Химия в школе, 2000. – № 3. – С. 37-46.
112. Тикавый В. Ф. Особенности строения некоторых простых и сложных неорганических веществ // Химия в школе, 1991. – № 6. – С. 5-12.
113. Тюменцева Е. Ю. Дифференциация помощи слушателям подготовительного отделения в процессе обучения химии: текст диссертации к.п.н. (13.00.02) – Омск: ОГПУ, 1999. – 213с.
114. Усиление политехнической направленности обучения химии. Книга для учителя: из опыта работы / под рук. Кавериной А. А. – М.: Просвещение, 1987. – 127с.

115. Физика и Астрономия. Пробный учебник для 8 классов общеобразоват. учрежд. / Под ред. А. А. Пинского, В. Г. Разумовского. – М.: Просвещение, 1995. – 303с.
116. Фримантл М. Химия в действии. В 2-х ч. – Ч. 1: Пер. с англ. – М.: Мир, 1991. – 528с.
117. Фримантл М. Химия в действии. В 2-х ч. – Ч. 2: Пер. с англ. – М.: Мир, 1991. – 622с.
118. Хагер Н. Этапы формирования моделей // Эксперимент, модель, теория. Модели в структуре познания. – Москва-Берлин: Наука, 1982. – С. 128-142.
119. Химия и Жизнь (Солтерская химия). Ч. 1. Понятия химии: Пер. с англ. – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 1997. – 337с., ил.
120. Химия и Жизнь (Солтерская химия). Ч. 2. Химические новеллы: Пер. с англ. – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 1997. – 437с., ил.
121. Химия и Жизнь (Солтерская химия). Ч. 3. Практикум: Пер. с англ. – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 1997. – 406с., ил.
122. Химия и Жизнь (Солтерская химия). Ч. 4. Руководство для учителей: Пер. с англ. – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 1998. – 331с., ил.
123. Хомченко Г. П. О графических и структурных формулах // Химия в школе, 1983. – № 3. – С. 61-63.
124. Цветков Л. А. К обоснованию содержания базового химического образования // Химия в школе, 1999. – № 5. – С. 17-22.
125. Цветков Л. А. Обобщение знаний учащихся по органической химии // Химия в школе, 1981. – № 6. – С. 17-24.
126. Цветков Л. А. Органическая химия: Учебник для 10 класса средней школы. – 25 -е изд., перераб. – М.: Просвещение, 1988. – 240с.

127. Цветков Л. А. Преподавание органической химии в средней школе: Пособие для учителя. – 3 -е изд., перераб. – М.: Просвещение, 1984. – 256с.
128. Чернобельская Г.М. Основы методики обучения химии. – М.: Просвещение, 1987. – 256с.
129. Чернобельская Г.М. Методика обучения химии в средней школе. – М.: ВЛАДОС, 2000. – 336с.
130. Чертков И. Н. Ещё раз о понятии «степень окисления» в органической химии // Химия в школе, 1998. -№ 7. – С. 31–32.
131. Чертков И. Н. Значение работ А. М. Бутлерова для развития методики обучения химии // Химия в школе, 1991. – № 6. – С. 13-19.
132. Шамилишвили О. Х. К вопросу о наглядности при изучении гибридизации электронных оболочек // Химия в школе, 1982. – № 5. – С. 43.
133. Шаповаленко С.Г. Методика обучения в восьмилетней и средней школе. – М.: Гос. Учебно-Пед. Изд-во мин. Просвещения РСФСР, 1963. – 668с.
134. Шелинский Г.И. Каким быть школьному курсу химии // Химия в школе, 1985. – № 4. – С. 45-48.
135. Шпак А.И. Комплекс пособий при изучении строения вещества в курсе химии восьмого класса общеобразовательной школы: автореферат на к.п.н. (731) –Саратов: СГПИ, 1971. – 26с.
136. Шредингер Э. Избранные труды по квантовой механике. – М.: Наука, 1976.
137. Штофф В. А. Проблемы методологии научного познания. Монография. – М.: Высшая школа, 1978. – 269с.
138. Штофф В.А. Моделирование и философия. – М.: Наука, 1966.
139. Эткинс П. Порядок и беспорядок в природе: Пер. с англ./ Предисл. Ю. Г. Рудого. – М.: Мир, 1987. – 224с., ил.

140. Юзвшин И. И. Информациология. – 3-е изд., испр. и доп. – М.: Радио и связь, 1996. – 215с.
141. Ярославская Г. П. Набор для моделирования химических связей и структур атомов // Химия в школе, 1986. – № 3. – С. 54-55.
142. Яцуто М. А. Использование дидактических возможностей химии для подготовки учащихся к жизнедеятельности: текст диссертации к.п.н. (13.00.02) – Омск: ОГПУ, 1999. – 192с.