

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)

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата педагогических наук

Москва - 2004

Работа выполнена в Институте содержания и методов обучения  
Российской академии образования

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

Официальные оппоненты: доктор педагогических наук,  
профессор, О.С. Зайцев  
  
кандидат педагогических наук,  
доцент Т. А. Боровских

Ведущая организация:  
Московский государственный областной университет

Защита состоится «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2004 года в \_\_\_ часов на  
заседании диссертационного совета Д 008.008.05 по защите  
диссертаций на соискание учёной степени кандидата  
педагогических наук в Институте содержания и методов обучения  
РАО по адресу: 119435, Москва, ул. Погодинская, д.8.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института.

Автореферат разослан «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2004 года.

Ученый секретарь  
диссертационного совета,  
кандидат педагогических наук \_\_\_\_\_ Т.А. Козлова

## Общая характеристика исследования

**Актуальность исследования.** Знание электронного строения атомов обеспечивает систематичность изложения школьного курса химии и глубокое понимание периодического закона Д.И. Менделеева, на основе которого сформирована система понятий о химической связи, степени окисления и электроотрицательности элементов.

При обучении большую роль играют средства наглядности, обеспечивающие возможность демонстрации, создания образа изучаемого объекта или явления. Практика обучения химии показала, что особое 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 имеет модельный эксперимент - особая форма эксперимента, для которой характерно использование 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, что имеет место при моделировании микрообъектов – атомов, молекул, кристаллов.

Развитие химии как науки и совершенствование методик и технологий обучения приводит к появлению новых моделей. Однако существенным фактором, препятствующим созданию и использованию моделей является проблема адаптации научных данных к процессу обучения в школе: упрощение моделей связано с погрешностями в отображении свойств объектов. Адаптация научных моделей к специфике обучения приводит нередко к конфликту между научной достоверностью и формируемым дидактическим образом объекта. Дидактический образ-модель рассматривается как конечная цель обучения с чётко выраженными параметрами, которые должны быть ему сообщены (Т. С. Назарова). Ни один из видов моделей в силу различия их дидактических возможностей не может полностью обеспечить целостное представление изучаемого объекта или явления, что указывает на целесообразность создания комплекса моделей, воплощённого в различных видах средств обучения химии.

Актуальность настоящего исследования определяется потребностью создания комплекса учебных взаимосвязанных и взаимно совместимых моделей, обладающего научной достоверностью и широкими дидактическими свойствами, на основе которых достигается системность знания о строении вещества и доступность его усвоения учащимися при использовании такой формы обучения как модельный эксперимент.

**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 кольцевидные 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 кольцевидные, для обучения химии в средней школе, обеспечивающие эффективность усвоения знаний учащимися.

### **Практическая значимость результатов исследования**

- Сформирован комплекс учебных моделей атомов и молекул, включающий новые кольцевидные модели.
- Разработаны и освоены производством наборы кольцевидных моделей и созданы компьютерные графические программы для ознакомления с кольцевидниками.

- Подготовлена к внедрению в школу серия таблиц по теме «Строение вещества», разработанная на базе комплекса учебных моделей атомов и молекул с включением кольцевидных.
- Составлены методические рекомендации по использованию комплекса учебных моделей атомов и молекул в обучении.

### **Положения, выносимые на защиту**

1. Концепция создания и использования комплекса учебных моделей атомов и молекул для обучения химии в 8–11 классах и его методического обеспечения, включающая:
  - специфику создания учебных моделей в соответствии с дидактическим принципом наглядности, его философской и психологической интерпретацией в обучении, базирующейся на современных тенденциях научного моделирования;
  - проблему интеграции разных моделей в комплекс, включающий необходимое и достаточное число средств обучения для усвоения и развития необходимых знаний и понятий.
2. Педагогико-эргономические требования, являющиеся фундаментом проектирования комплекса учебных моделей с включением новых кольцевидных моделей атомов и молекул, обеспечивающих содержательно-информационные и инструментально - деятельностные аспекты обучения в соответствии с общими и специальными требованиями (научности, информативности, доступности, преемственности, адаптивности, совместимости, технологичности, интерактивности).
3. Методические приёмы, организационные методы и методические рекомендации использования комплекса моделей с включением кольцевидных моделей для изучения строения вещества в курсе химии средней школы.

### **Апробация и внедрение результатов исследования**

Результаты исследования внедрены в практику в виде конкретных средств обучения и руководств по использованию.

Основные теоретические положения и результаты данного исследования излагались на следующих конференциях, конгрессах и симпозиумах:

- “Проблемы моделей и моделирования на уроках физики и химии”, Научно-практическая конференция, г. Вятка, Педагогический Университет, 16-17.10.1997 г.
- “Фундаментальные Проблемы Естествознания”, Международный научный конгресс, г. Санкт-Петербург, 22-27.06.1998 г.
- Международная конференция по росту и физике кристаллов, Москва, 19.11.1998г.
- “Педагогические технологии в средней общеобразовательной школе: проблемы и перспективы”, Научно-практическая конференция молодых ученых, Москва, ИОСО РАО, 27 апреля 1999 г.
- “HYPOTHESIS III”, Международный симпозиум, г. Санкт-Петербург, 5-8.07.1999 г.

- “Проблемы перехода к 12-летней системе обучения”, Научно-практическая конференция молодых ученых, Москва ИОСО РАО, 4 апреля 2000 г.
- Международный Конгресс – 2000 “Фундаментальные проблемы естествознания и техники”, г. Санкт-Петербург, 3-8. 07. 2000 г.
- Международный симпозиум “Перестройка Естествознания”, Москва, 20-22.04.2001г.
- Фестиваль НТТМ (научно-технического творчества молодежи), Москва, ВВЦ, 24-27.05.2001 г.
- Российский образовательный форум “Школа – 2004”, Москва, Выставочный центр «Сокольники», 21–24.04.2004 г.

**Структура диссертации.** Диссертация состоит из введения, трёх глав, заключения, списка литературы, иллюстраций и четырёх приложений.

### **Основное содержание диссертационного исследования**

Во введении показана актуальность проблемы, определены цель, объект и предмет, сформулированы гипотеза и задачи исследования, дано методологическое обоснование работы, раскрыты научная новизна, теоретическая и практическая значимость исследования.

**В главе 1 «Анализ содержания курса химии 8–11 класса по вопросам строения вещества и его обеспечения средствами наглядного моделирования»** выявлены современные тенденции моделирования в школьном курсе химии, сделан вывод о необходимости использования различных учебных моделей. В исследовании проведён анализ значения и частоты использования моделей в процессе обучения и сделан вывод, что модели используются практически непрерывно на протяжении всего курса химии и могут подразделяться в зависимости от классификационного признака на пять групп. 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.

В соответствии с дидактическим принципом наглядности, в обоснование которого внесли существенный вклад А.А. Грабецкий, В.В. Давыдов, Л.С. Зазнобина, Л.В. Занков, Я.А. Коменский, Т.С. Назарова, И.Г. Песталоцци, В.С. Полосин, К.Д. Ушинский, И.Н. Чертков, С.Г. Шаповаленко, представление об изучаемом предмете или явлении должно формироваться на основе синтеза ощущений. Для обучения в школе важна чувственная воспринимаемость того объекта, который выступает в качестве модели. Анализ содержания курса химии в средней школе показывает, что большой объем знаний, адресованный учащимся, связан со структурой вещества, электронным строением атома. Выявлена необходимость демонстраций моделей устойчивых электронных оболочек атомов химических элементов, механизма образования химических связей и особенно взаимодействия атомов в процессе образования общей молекулярной оболочки. С дидактической точки зрения, представляется необходимым, чтобы каждое явление (захват электрона ионом или образование связей) сопровождалось наглядным образом, а не только символическим обозначением смещения

электронной плотности. Для полноценного усвоения знаний необходимо использовать модели, отражающие электронное строение вещества на современном научном уровне. Однако большинство учебных моделей, используемых в школе при изучении строения вещества и химической связи, обладают недостаточной информационной ёмкостью. Учащиеся не получают в должном объёме сведений о взаимодействии электронов в атомных оболочках и взаимодействии электронных оболочек атомов при образовании химических связей.

Схема 1

### Классификация моделей





В традиционных, но «информационно устаревших» моделях, не заложена возможность демонстрации процесса образования форм молекул, определяемого электронным строением атомных оболочек. С другой стороны, сложность изложения основ квантовой химии не позволяет в восьмом и девятом классах дать необходимые объяснения причин и закономерностей размещения электронов вокруг ядер атомов. В школьном курсе не рассматривается возможность самостоятельного определения числа электронов на энергетическом слое, что затрудняет формирование качественных представлений об электронном строении атомов, молекул, кристаллических тел. Важнейший вопрос устойчивости электронных оболочек, формирующих вид Периодической системы химических элементов Д. И. Менделеева, освещается недостаточно, декларативно, без опытной проверки и закрепления в эксперименте. Рассмотрение этого вопроса фактически замалчивается из-за отсутствия моделей, позволяющих объяснить их свойства и особенности строения доступно, без избыточной сложности, присущей орбитальным моделям.

В исследовании показано, что при использовании традиционных видов моделей (скелетные, шаро-стержневые, масштабные) и моделей с резко возрастающей сложностью использования – орбитальных, у учащихся образуется определённый разрыв в знании о строении атома. Такая идейная несовместимость моделей молекулярных орбиталей с более простыми традиционными моделями приводит к необходимости углублённого изучения, что не предусмотрено в некоторых курсах и в классах гуманитарного профиля. Образуется дистанция между принятым базовым уровнем обучения классов общеобразовательной школы и существующей необходимостью изучения химии в свете современных научных представлений о строении атома.

Очевидно, что недостатки в содержании обучения являются следствием либо чрезмерной сложности средств обучения, порождающей ограниченность изобразительных средств, либо недостаточными изобразительными качествами моделей, не соответствующими современному научному знанию. Возникает проблема приведения содержания в соответствие с принципами не только историчности и фундаментальности, но и преемственности, научности, 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. С этой особенностью развития научно-технических знаний также важно ознакомить учащихся для достижения полноценного формирования их мировоззренческой позиции.

Попытки совершенствования учебных моделей имеют место в методике преподавания химии. Они касаются отражения формы электронных оболочек (А.И. Шпак), демонстрации направленности и объёма электронных оболочек (В.С. Полосин), построения геометрических моделей, отражающих общую структуру молекул (С.Н. Дроздов), представления форм электронных облаков при посредстве вращения различных деталей (Ю.И. Булавин), рассмотрения

взаимодействия пар, образованных электронами с противоположными знаками спин – модели Р. Гиллеспи (С.С. Бердонос).

По итогам анализа сделан вывод, что для полноценного усвоения учащимися разнообразной информации, связанной со строением атома, недостаточно использования традиционных моделей. Учебные модели нуждаются в пересмотре с целью улучшения дидактических качеств. Следует дополнить список учебных моделей такими, которые позволят связать воедино исторические модели атома, отражающие собой развитие знаний об атоме (Демокрита, Томсона, Резерфорда), модели, ставшие уже традиционными при изучении химии (скелетные, шаро-стержневые, масштабные Стюарта – Бригглеба) и модели, используемые в вычислительных методах (метод молекулярных орбиталей).

В исследовании показана потребность создания иерархической системы моделей, позволяющей формировать взаимосвязанные комплексы моделей для изучения строения вещества, иллюстрирующие при необходимости определенные свойства моделируемого объекта и укрепляющей междисциплинарные связи.

**В главе 2 «Педагогико-эргономические требования к созданию и использованию моделей для изучения строения вещества»** изложены исторически сложившиеся и вновь определенные требования к моделям. На основе системного подхода к использованию моделей и анализа содержания курса химии и методического наследия в данной области (А.А. Грабецкий, Л.С. Гузей, А.С. Дробочкий, Р.Г. Иванова, Л.А. Цветков, Т.С. Назарова, П.И. Пидкасистый, В.С. Полосин, Р.П. Суровцева, С.Г. Шаповаленко, А.И. Шпак и др.) выявлена необходимость улучшения дидактических качеств наглядных моделей, связанная с развитием науки и продолжающимся формированием средств обучения. Разработка моделей требует не только отбора информации, но и учёта способов и форм деятельности учащихся и педагога, влияющих на включение отдельных видов моделей в комплекс. Последовательность формирования комплекса моделей показана на схеме 2.

Проектирование моделей опирается на систему сформированных требований. В исследовании обосновано, что 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. В этой связи в диссертации сформированы основные требования, предъявляемые к созданию и использованию средств модельной наглядности. Простота восприятия, напрямую связанная с популяризацией и упрощением учебного материала, не должна наносить ущерб научной достоверности, то есть **адаптивность** модели не должна входить в противоречие с её **информативностью**. Технологичность процесса обучения обеспечивает **инструментальность**: простота и удобство использования моделей, их однозначная адресованность выбранным изучаемым явлениям или процессам. **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

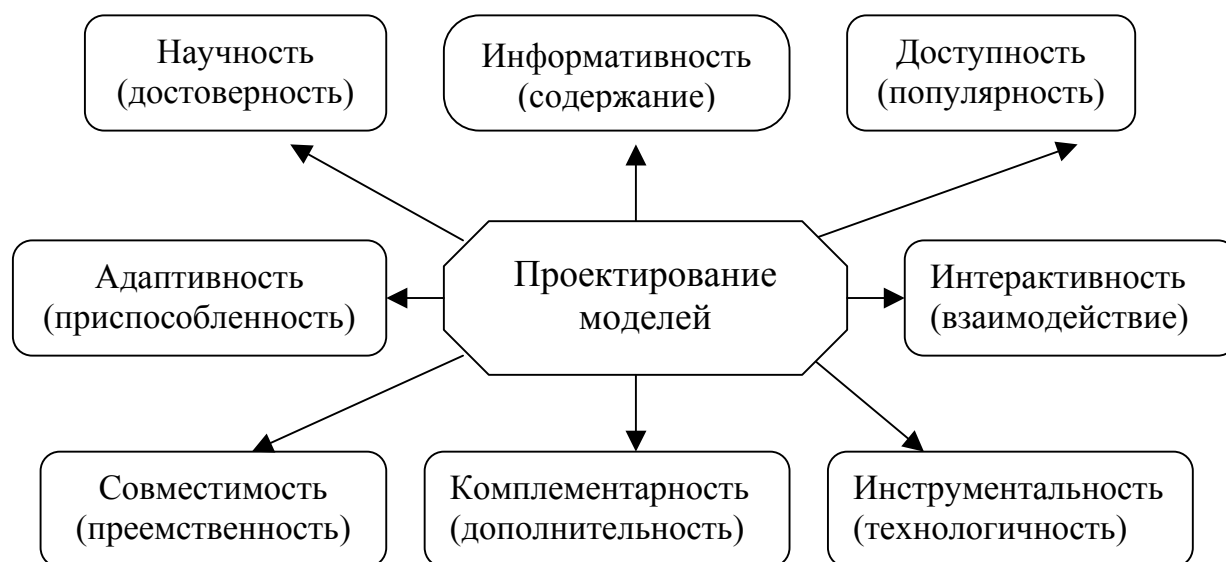
### Формирование комплекса моделей



Системное использование моделей в комплексе с другими средствами обучения обогащает процесс познания и определяет потребность иерархического распределения моделей в соответствии с определенными приёмами работы и формами деятельности, то есть с учётом специализации моделей, их возможности ярко и однозначно отражать моделируемые качества при сохранении преемственности и взаимной **совместимости**. В исследовании показано, что при проектировании моделей необходимо учитывать как общие педагогико-эргономические требования (схема 3), обусловленные дидактическими возможностями и функциями этого вида средств обучения, так и специфические требования, продиктованные особенностями содержания учебного предмета и отбором наиболее предпочтительных наглядных форм.

Схема 3

### Педагогико-эргономические требования к проектированию моделей



Особенностью наглядных моделей объектов микромира является их повышенная тенденция к приобретению новых свойств. Это связано с тем, что способы отображения объектов микромира (атомов и молекул) продолжают совершенствоваться, что требует повышенной взаимосовместимости, предоставляющей возможность создания развивающихся, сменяющих друг друга образов, которые сопровождают процесс познания от простого к сложному. Это качество можно сформулировать как перспективность, возможность дальнейшего развития моделей, а также их гибкой адаптации к новым научным данным и изменяющимся способам использования моделей.

В исследовании кратко рассмотрено как развивались научные модели, аккумулирующие в себе новое содержание. Представлен анализ создания и развития как широко известных научных моделей (Н. Бор, В. Гейзенберг, Л. де Бройль, Г. А. Лоренц, Э. Шредингер), так и новых представлений о строении вещества второй половины 20 века (D. Bergman, J. Lucas, K. Snelson,

В.А. Ацюковский, В.О. Беклямишев, В.А. Бунин, А.Д. Власов, Ю.К. Дидык, Ф.М. Канарев, В.С. Леонов, А.А. Логунов, В.Н. Осидак, Б.И. Ромазанов, Л.Г. Сапогин, Л.П. Фоминский). Выявлены общие свойства разных моделей, призванных уточнить представления об электронном строении вещества, показать особенности движения (расположения) электрона в атоме без излучения электромагнитных волн.

В отличие от научных моделей, появляющихся эвристическим или интуитивным путём, учебные модели возникают на базе педагогико-эргономических требований. Требование информирования учащихся в соответствии с современным уровнем знаний приводит к необходимости отражения в моделях атомов и молекул их составного характера и подробного описания электронной структуры вещества, отвечающей за все химические превращения. Помимо научности и информативности, модели должны быть приспособлены к процессу обучения, то есть знание должно быть популяризировано. Высокая степень информационной насыщенности и простое отражение свойств электрона достигается с помощью модели элементарной частицы в виде кольца или тора (D. Bergman, J. Lucas, K. Snelson, В.А. Ацюковский, А.Д. Власов, Ю.К. Дидык, Ф.М. Канарев).

В исследовании обосновано, что использование новых моделей привносит 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. До сих пор в программе обучения химии остается не освещаемый в должной мере круг вопросов, а именно: конфигурация, состав и свойства электронных оболочек атома, которые определяют химические свойства элементов и их соединений, характер взаимодействия и динамику образования связей. Используются чрезмерно упрощённые модели не отражающие строения электронных оболочек или модели академического уровня сложности (метод молекулярных орбиталей, рассматривающий относительное смещение электронной плотности), которые сложны для обучения даже в упрощенном варианте. Нет связи между моделью электрона в виде точки, двигающейся в атоме, и орбитальной моделью, оперирующей такими понятиями, как «электронное облако», «смещение электронной плотности». Взаимная противоречивость моделей в базовом обучении приводит к парадоксальности знания, к потенциальному расколу мировоззрения, к делению на реальные и нереальные модели, находящиеся в антагонизме, что влечёт за собой неправомерное редуцирование знания, а не его полноценное усвоение.

Для преодоления указанной проблемы в диссертации предложен способ моделирования электронной структуры атомов, молекул и кристаллических тел с помощью модели электрона в виде гибкого тонкого кольца. Рассмотрены примеры построения кольцевых моделей, отражающих электронное строение атомов и химических соединений с различными типами связей. Установлено соответствие новых кольцевых моделей

различных органических и неорганических веществ современным педагогико-эргономическим требованиям.

В исследовании обосновано на примерах, что упрощенная геометрическая модель электрона в виде гибкого тора является доступной и работоспособной. Модель может использоваться во всех основных операциях, характерных для модельного эксперимента: построение модели, экспериментальное её исследование и переход от модели к натуральному объекту, «состоящий в перенесении результатов, полученных в исследовании, на этот объект» (Штофф В. А.). Показано, что данная модель снимает 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.

Сформирован комплекс учебных моделей, удовлетворяющий всем педагогико-эргономическим требованиям. Показано, как учебные модели элементарных частиц, составляющих атом, сочетают в себе такие качества, как стабильность и узнаваемость форм элементарных частиц (электронов), возможность объяснения с их помощью переменного вида электронных орбиталей, возникающих при образовании различных видов химических связей.

В диссертации показано, что комплекс моделей, включающий новые кольцевые модели, обладает таким набором дидактических свойств, который может привести к изменениям в содержании химического образования:

- удобство восприятия учебного материала при замене текста на образ;
- сжатие объёма информации без ущемления научной достоверности;
- расширение круга изучаемых тем за счёт упрощения подачи учебного материала;
- повышение долговременности сохранения знаний за счёт системного и взаимосвязанного изложения, а также интерактивности моделей и внедрения новой формы обучения - модельного эксперимента;
- углубление содержания обучения без затраты дополнительного времени за счёт использования моделей электрона с расширенными дидактическими свойствами: спиральных (в виде контура с окружающими его магнитными силовыми линиями, представленного кольцом с обвивающей его спиралью); волновых (в виде цветных фрагментов колец для изображения «волн электронной плотности» при демонстрации процесса потери электронами в оболочках своей индивидуальности и взаимообъединения); стоячих волн (в виде содержащегося в кольце целого числа стоячих волн по Л. де Бройлю).

Новые дидактические возможности кольцевых моделей проявляются также и в том, что материал, предназначенный для обучения в классах с углубленным изучением химии, может быть рассмотрен и в базовом курсе, а материал, изучаемый в 10-х и 11-х классах, может быть рассмотрен на более ранних этапах обучения. Усложненный и комбинированный варианты кольцевой модели электрона (тор, обвитый спиралью или волновые

кольцевые модели) можно использовать не только в школах с углубленным изучением дисциплин естественнонаучного цикла, но в общеобразовательных школах.

В процессе исследования определен компонентный состав моделей по химии для изучения строения веществ. Сформулированы исходные требования и разработан демонстрационно-раздаточный «Набор для сборки кольцеванных моделей атомов и молекул». Спроектированный «Набор для сборки кольцеванных моделей атомов и молекул» приспособлен для проведения любой из необходимых самостоятельных лабораторных и практических работ.

**В главе 3 «Организация использования комплекса моделей при изучении строения вещества в курсе химии средней школы»** рассмотрены методические возможности использования комплекса с включением кольцеванных моделей при изучении строения веществ в курсе химии средней школы.

Схема 4

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



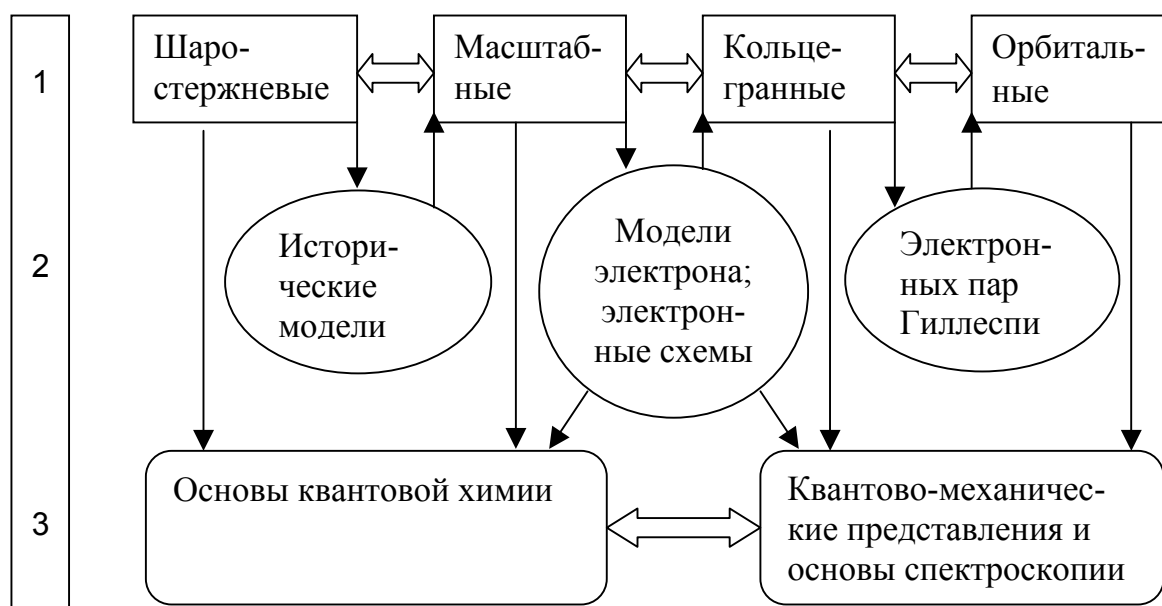
В исследовании показано, что проблема неполноценности содержания обучения, порожденная малой информационной ёмкостью, сложностью и избыточной противоречивостью традиционно используемых моделей, может быть решена фрагментарным изменением содержания, связанным с введением в обучение новых моделей. В работе изложены изменения содержания, способы и средства достижения результата, ожидаемые результаты.

Кольцевидные модели могут быть использованы как демонстрационные, используемые учителем при объяснении электронного строения атома. С целью лучшего усвоения учебного материала предусмотрено проведение фронтальных работ по моделированию электронных оболочек атомов в виде кольцевидников (схема 4).

Новые кольцевидные модели используются в составе комплекса моделей атомов и молекул, включающего различные виды традиционных и новых моделей (схема 5).

Схема 5

**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 «Кольцевидник»	Набор орбитальных моделей
Пособия на печатной основе		Экранные средства	
Таблицы	Схемы, плоские аппликации	Видеозаписи	Компьютерные программы



На схеме 5 показаны варианты комплекса разной глубины изучения раздела «Строение вещества»: сокращённый вариант (1) для гуманитарных специальностей; для изучения химии в средней школе (2); для углубленного изучения (3), а также специальные наборы, на основе которых формируются поурочные комплексы моделей.

В диссертационном исследовании рассмотрены методические приёмы использования комплекса моделей с включением кольцеобразных моделей для демонстрации и проведения практических работ по неорганической и органической химии, касающихся строения веществ; представлены фрагменты методики уроков с использованием комплекса моделей; проведено примерное тематическое планирование содержания материалов программы раздела «Строение вещества. Химическая связь».

Проведена экспериментальная проверка педагогической эффективности комплекса моделей атомов и молекул для изучения строения вещества в курсе химии средней школы, апробированы отдельные компоненты комплекса с целью выявления наиболее рационального состава комплекса и его включения в систему школьного образования для 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 кольцеобразных видов моделей и целесообразность введения их в комплекс моделей атомов и молекул для изучения строения вещества в курсе химии средней школы. Были выявлены проблемы, возникающие у учителей в процессе преподавания учебного материала по теме «Строение вещества», связанные с недостаточной информационной ёмкостью используемых в практике преподавания моделей и их взаимной несовместимостью. При обсуждении этих недостатков с учителями химии было выяснено, что проблема качественного усвоения знания о строении вещества учащимися может решаться:

- 1) за счёт введения углублённо-профильного изучения учебного материала;
- 2) путём модернизации содержания образования и сокращения объёма материала в результате введения специального дидактического инструментария в виде комплекса с включением новых кольцеобразных моделей;
- 3) введением модельного эксперимента и демонстраций моделей учителем.

Таким образом, обоснована целесообразность введения новых упрощённых видов моделей в комплекс моделей атомов и молекул для изучения строения вещества в средней школе и выявлена готовность учителей к их использованию.

Исследовательский этап эксперимента преследовал цель оснастить учителя и учащихся дидактическим инструментарием для организации различных видов и форм деятельности педагога и учащихся. До ознакомления учащихся с информацией важно предоставить в первую очередь информацию учителю, отличающуюся взаимосвязанным изложением различных уровней организации вещества, фрагментарно

изложенных в различных разделах учебников и методической литературы. Разработка методических приёмов и проверка возможности использования комплекса моделей с включением кольцевидных для демонстраций и проведения практических работ по неорганической и органической химии являются необходимым инструментарием для работы учителя в условиях «дефицита наглядности».

Констатирующий этап эксперимента нацелен на проверку педагогической эффективности влияния комплекса или его отдельных компонентов на восприятие и усвоение учащимися материала. Применён экспертно-балльный метод определения качества средств и педагогической эффективности средств обучения, разработанный Центром средств обучения Института содержания и методов обучения РАО. Произведена оценка уровня педагогической эффективности при использовании различных компонентов комплекса моделей, включая кольцевидные.

Оценка качества обучения проводилась способом сравнения эффективности использования компонентов комплекса по каждому из показателей.

Таблица 1

**Оценка доступности восприятия учащимися компонентов комплекса**

<b>Информационные блоки (фрагменты информации)</b>	<b>Электронные схемы</b>	<b>Скелетные модели</b>	<b>Масштабные модели</b>	<b>Кольцевидные модели</b>	<b>Орбитальные модели</b>
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
<b>Средний балл</b>	<b>2</b>	<b>1.2</b>	<b>1.7</b>	<b>2.9</b>	<b>1.9</b>

Согласно мнению педагогов – экспертов выделены четыре основных показателя: информативность (соответствие содержанию изучаемого вопроса); доступность (лёгкость восприятия и способы подачи информации); затраты времени (на изложение и усвоение материала учащимися); освоение комплекса (подготовленность учителя к использованию). При оценке использовалась четырёхуровневая система оценки, показывающая степень приспособленности комплекса и отдельных его компонентов к дидактическим потребностям педагога и учащихся. Для сравнительной оценки качества обучения (педагогической эффективности) выбраны фрагменты информации (информационные блоки), предназначенной для изучения и усвоения учащимися. В качестве примера приведена одна из таблиц сравнительной оценки компонентов комплекса моделей (таблица 1). Общая оценка влияния компонентов комплекса на качество обучения (педагогическую эффективность) выведена с помощью общего оценочного профиля (таблица 2) по отдельным показателям и в целом для каждого компонента комплекса.

Таблица 2

**Оценочный профиль педагогической эффективности  
компонентов комплекса по основным показателям**

Показатели качества	Средняя оценка в баллах				
	Электронные схемы	Скелетные модели	Масштабные модели	Кольцевые модели	Орбитальные 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
<b>Средний общий балл</b>	<b>1.7</b>	<b>1</b>	<b>1.5</b>	<b>2.7</b>	<b>2</b>

Как видно из таблицы, по избранным педагогами показателям кольцевые модели попадают в область положительного влияния по всем показателям, кроме освоенности, что закономерно, поскольку модели 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 этих моделей 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. Экспериментальная проверка показала, что педагогическая эффективность комплекса, характеризующая его интегративные свойства, такова, 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.

Опрос учащихся с целью выяснения целостности и сформированности знания проводился на базе двух школ (№1679 и № 1100) в 9-х и 10-х классах. Пилотный опрос показал, что использование фрагментов комплекса, включающего кольцевые модели, приводит к высокому уровню понимания материала учащимися и лёгкости его использования при ответе на вопросы проблемного характера, а также возможности использования полученного знания с прогностическими целями. Кроме того, проводилась проверка долгосрочного сохранения знания, подтвердившая прочность и осознанность применения знаний.

### **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 кольцевые 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 кольцевых 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 кольцевидных 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.

Результаты исследования и материалы внедрения отражены в следующих публикациях:

1. Кожевников Д.Н. Кольцевидные модели молекул // Журнал физической химии. – М.: изд-во Наука, 1996. – Т.70. – №6. – С. 1134-1137.
2. Кожевников Д.Н. Патент № 2073549 на изобретение “Устройство для образования объёмных тел”, в соавторстве с Никитиным Е.С. от 20.02.97.
3. Кожевников Д.Н. Патент № 2098161 на изобретение “Устройство для образования объёмных тел”, от 10.12.97.
4. Кожевников Д.Н. Тезисы к докладу "Построение моделей электронных поверхностей кристаллических структур с помощью геометрической модели электрона в виде гибкого, тонкого тора" // Материалы международной конференции по росту и физике кристаллов, посвященной памяти М. П. Шаскольской. – М., 17-19.11.1998. – С. 275.
5. Кожевников Д.Н. Применение кольцевидных моделей электронных оболочек атомов и молекул для изучения строения вещества в курсах физики и химии средней школы // Сборник материалов научно-практической конференции молодых ученых "Педагогические технологии в средней общеобразовательной школе: проблемы и перспективы". – Москва ИОСО РАО, 27.04.1999. – С. 26-31.
6. Кожевников Д.Н. Применение кольцевидных моделей электронных оболочек атомов и молекул для изучения строения вещества в курсах химии и физики средней школы // Образовательная индустрия. Приложение к журналу "Наука и школа". – М.: Школа Будущего, 1999. – №4. – С. 1-6.
7. Кожевников Д.Н. Методика использования кольцевидных моделей атомов и молекул для изучения строения вещества в средней школе// Образовательная индустрия. Приложение к журналу "Наука и школа". – М.: Школа Будущего, 1999. – №4. – С. 6-20.
8. Кожевников Д.Н. Иерархия кольцевых моделей электрона и ее использование для моделирования форм и свойств электронных оболочек атома// Материалы Международного семинара "HYPOTHESIS III"

(Hydrogen Power, theoretical and Engineering Solutions, International Symposium) – СПб: издано на CD, 5-8.07.1999.

9. Кожевников Д.Н. Моделирование форм электронных оболочек атомов и молекул химических соединений с помощью упрощенной модели электрона в виде замкнутого контура с током // Сборник научных статей. (Материалы Международного Научного Конгресса 22-27 июня 1998г.) – СПб.: Изд-во Политехника, 1999. – С. 40-47.
10. Кожевников Д.Н. Кольцевые модели электронных оболочек атомов и молекул // Химия в школе. – М.: Изд-во Школа-Пресс, 2000. – № 1. – С. 1-73.
11. Кожевников Д.Н. Создание и использование объемных моделей атомов и молекул для изучения строения вещества в курсе химии средней школы // Сборник материалов научно-практической конференции молодых ученых «Проблемы перехода к 12-летней системе обучения». – Москва ИОСО РАО 4 апреля 2000. – С. 78-87.
12. Кожевников Д.Н. Наглядное моделирование электронных оболочек атомов и молекул с помощью геометрической модели электрона в виде гибкого тонкого тора // Материалы Конгресса – 2000 «Фундаментальные проблемы естествознания и техники». – СПб: издано на CD, 3-8.07.2000.

#### Средства обучения

1. Кожевников Д.Н., Рубленко В.А. Компьютерная графическая обучающая программа «Глобус атома», части 1, 2.
2. Кожевников Д.Н. Демонстрационный набор для моделирования форм атомов и молекул «Магеом» (производство ЗАО «Эконика-техно»).
3. Кожевников Д.Н. Раздаточный набор «Кольцеванник» для изготовления кольцевых моделей атомов и молекул; методические рекомендации по его использованию (производство ЗАО «Эконика-техно»).