

## НОВЫЕ МОДЕЛЬНЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ В УСЛОВИЯХ СОЗДАНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ КОМПЛЕКСОВ СРЕДСТВ ОБУЧЕНИЯ

New model representations in the conditions of creation and use of modern complexes of tutorials

**Кожевников Дмитрий Николаевич**, кандидат педагогических наук, ст.н.с., ФГБНУ «ИСПО РАО», Москва, Россия.



rao721@ya.ru

*В статье изучаются особенности реализации модельных представлений в современных комплексах средств обучения. Рассмотрены педагогико-эргономические требования для интеграции РаррРпРа модельных представлений в дидактических комплексах наглядных моделей. Указано место и подчеркнуто значение модельного эксперимента в триаде процесса познания: эксперимент – модель – теория. В качестве примера применения модельных представлений в обучении рассмотрено практическое использование комплекса моделей, включающего кольцеобразные и волнообразные модели атомов и молекул в курсе «Строение вещества».*

*In article features of realization of model representations in modern complexes of tutorials are studied. Pedagogiko-ergonomic requirements for integration of model representations in didactic complexes of evident models are considered. The place is specified and the value of a model experiment in a knowledge process triad is emphasized: an experiment – model – the theory. As an example of application of model representations in training practical use of the complex of models including ring-side polyhedron and wave-side polyhedron models of atoms and molecules is considered "The substance structure" is aware.*

**Ключевые слова:** комплекс средств обучения, комплекс наглядных моделей, триада: эксперимент – модель – теория, модельный эксперимент.

**Keywords:** complex of tutorials, complex of evident models, triad: an experiment – model – the theory, a model experiment.

Использование моделей (и процесс моделирования) исторически является одним из основных видов учебной деятельности, часто используемый при нехватке времени, затруднении или невозможности практической проверки изучаемого объекта, явления или процесса. Сложность и разнообразие изучаемых тем, явлений и процессов и самих способов их изучения приводит к необходимости широчайшего использования моделирования. Переход от простого к сложному, от фрагментарности к целостности может происходить через моделирование. Моделирование может являться ключом к пониманию весьма сложных объектов, явлений или процессов.

Целесообразность модельной деятельности в процессе обучения не подвергается сомнению. Продолжают осмысляться и обсуждаться методы ее проведения и проблемы, связанные с моделированием в контексте понимания и усвоения сложности нашего многомерного мира. Учебные модели и процессы моделирования представляют собой необходимую часть комплексов средств обучения. Создание и использование комплексов учебных моделей и методы использования комплексов модельных представлений (составленные в том числе и из наглядных моделей) в естественнонаучных школьных дисциплинах является постоянно обновляющейся частью учебного процесса.

Исторически сложившаяся традиция использования моделей в обучении отводит значительное место моделям материальным. Такое предпочтение не является только «данью традиции». Предметная деятельность акцентирует внимание, а тактильный контакт облегчает восприятие объёмных форм. Двумерное изображение не даёт полноты образа, даже при наличии псевдообъёмной графики и динамики на экране монитора, тем более что форма и цвет, подкреплённые осязанием, закрепляют образную и долгосрочную память. В недалеком прошлом традиционное учебное моделирование в школе в курсах естественнонаучных дисциплин осуществлялось главным образом с помощью учебных моделей, которые можно было классифицировать, относя к определённому одному или нескольким (но не ко всем сразу) классам моделей. Требования к современным наглядным моделям, включённым в комплексы средств обучения (и сами составляющие комплексы наглядных моделей), изменились благодаря появлению новых средств трансляции знания и вариативности проведения моделирования. Кроме того, создание современных комплексов моделей напрямую связано с проблемой проектирования и взаимосвязи новых моделей с традиционными, исторически используемыми. Отличительным свойством современных наглядных моделей является возможность их использования не только последовательно (по возрастающему уровню сложности учебного материала «от простого к сложному»), но и параллельно, что позволяет учащимся самим выбирать свой уровень освоения учебного материала и задач, соответствующих выбранному уровню. Для реализации такой возможности степень совместимости моделей должна быть весьма высокой. А наиболее простые модели должны содержать в себе «в плотно упакованном виде» все сложные модели. Принцип «простая модель – значит хорошая и доступная» уже не является актуальным, потому что простая модель (со сложными способами объяснения природных явлений) проигрывает в педагогической практике сложной модели, доступной в использова-

нии, позволяющей при необходимости объяснить изучаемые феномены и явления любой сложности. Как сформулировал Моисеев Н.Н.: «простые интерпретации, согласные (согласованные, sustainable) с присущими ему знаниями об окружающем, не всегда возможны: мир бесконечно сложен, и стремление к постижению его сложности — естественный и извечный процесс развития человеческого сознания. Если угодно, процесс эволюции познания. Таким образом, расставание с простотой неизбежно. Тем не менее, это расставание с простотой только тогда эффективно и оправдано, когда оно происходит на пути «восхождения к простоте» через цепочку всё усложняющихся моделей или интерпретаций» [1: С.22].

Проблема неполноценности содержания обучения, порожденная малой информационной ёмкостью, или напротив, сложностью и избыточной противоречивостью используемых моделей, должна и может быть решена фрагментарным изменением содержания, связанным с введением в обучение новых моделей и введением методик работы со сложными системами. Как считал Морен Э. «Метод - отнюдь не конкретная программа, а общая стратегия исследования и действия» [2: С.19].

Модели как средства обучения должны быть объединены в комплексы. 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 и облегчающие процессы обучения, образующие взаимосвязанные комплексы средств обучения. При этом 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. Обязательно при этом должна сохраняться преемственность моделей, их совместимость и взаимозаменяемость.

Возможность формирования комплекса моделей продемонстрируем на примерах.

Рассмотрим новые способы и связанные с ними проблемы применения в обучении модельных представлений (наглядных моделей) на практическом примере: на примере комплекса моделей атомов и молекул в условиях создания и использования современных комплексов средств обучения.

В наше время уже очевидно, что, описывать элементарную частицу с помощью простых моделей (типа маленького шарика, веду-

щего себя вероятностным образом) весьма сложно! Сложно рассчитать поведение такого объекта и его взаимодействия с другими объектами. Эту сложность можно оставить за пределами изучаемого материала, формируя этим фрагментарность полученного знания, что ранее часто делалось с целью уменьшения учебной нагрузки и помещения значимой информации под звездочку (для углубления) или при формировании облегченного курса «для гуманитариев». Но сложность можно и трансформировать, используя механизмы скрытия или свертывания информации. Сложность не исчезает, но она может не проявлять себя в процессе обучения. Есть возможность поместить (или ввести) сложность на уровень модели. Модель станет содержать в себе сложность, но при этом существенно упростятся алгоритмы ее расчетов и прогнозирования поведения, то есть её использование.

Примером может служить кольцевая модель электронной оболочки атома (рис. 1). Упрощенная форма электрона в атоме или молекуле, представленная в виде кольца (рис. 2), содержит в себе много скрытой информации, превращающую её в сложность, имеющую простой внешний вид! Например, модель подразумевает, что в периметре кольца должно быть уложено 137,13 длин волн Комптона, чем моделируется не только волновая структура электрона, но и внутреннее движение, кодирующее его заряд, массу и полную энергию. Таким может быть скрытое отображение сложной внутренней (или первичной) структуры этой модели элементарной частицы: электрона. Ещё одним из компонентов волнового процесса-электрона является наличие стоячих волн в кольце. В отличие от бегущих волн Комptonовской длины, они представляют собой волны большего масштаба и их можно отобразить на модели (рис. 3, 4). Число волн определяется главным квантовым числом и кодирует положение электрона в электронной оболочке на определенном энергетическом уровне, что качественно характеризует положение электрона в атоме относительно ядра и электронов других оболочек.

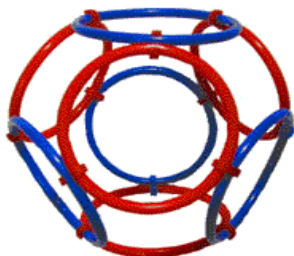


Рис.1. Восемь колец обозначают электроны завершенной оболочки

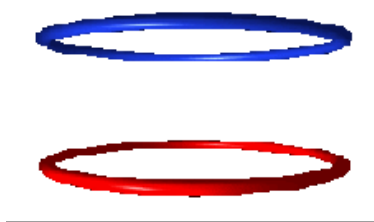


Рис. 2. Спин или магнитные свойства электронов в 2e-оболочке

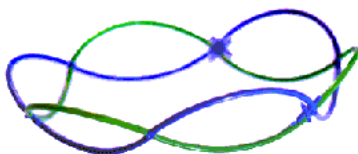


Рис.3. Волновое кольцо (три волны в кольце)



Рис.4. Восьми колецгранник из волновых колец

Рис. 1-4. Кольцеградная и волноградная модели устойчивой электронной оболочки

Комплексы моделей атомов и молекул, включающие новые колецградные модели (моделями, в которых в которых все электроны обозначаются кольцами) как и все новое, могут показаться сложными. Однако, сложность моделей является кажущейся из-за непривычного или незнакомого внешнего вида. При самостоятельной сборке такой модели (например, в процессе простого модельного эксперимента) ощущение сложности проходит благодаря использованию простой и знакомой всем формы кольца. Также для облегчения восприятия на начальном этапе может использоваться двойное цветовое кодирование, отражающее спин (или магнитные) свойства электронов (как это показано на рисунках 1 и 2).

Кольцеградные модели могут использоваться на протяжении преподавания всего курса химии, с самого начала изучения Периоди-

ческого закона. Особенно это важно в связи 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 традиционном обучении не даётся характеристика разных форм электронных орбиталей из-за явной их сложности и отсутствия других, простых и доступных моделей. В такой ситуации изучение строения электронных орбиталей может быть полностью перенесено в углубленный курс, или быть ограничено ознакомлением учащихся с вариативностью их форм.

При использовании кольцегранных моделей основной упор в изучении делается на распределении электронов, составляющих оболочку атома на соответствующих уровнях, что 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, кольцегранные модели позволяют воспринимать новое знание как развитие уже имеющихся знаний, а не взамен их. Такой подход сохраняет преемственность знания, которая важна для сохранения целостности мировоззрения и позволяет избежать мысленного разделения на мир реальный и «мир науки», то есть современной катастрофы «парадоксальности» знания, а также сохранит культуру использования научно-технического знания, не допуская его отторжения как чужеродного и непонятного.

Кольцегранные, а в перспективе использования и волногранные модели (см. рис. 3, 4), расширяют иллюстративную и модельную базу средств обучения и привносят с собой важную дополнительную информацию о строении вещества.

Комплексы СО и наглядные модели в частности должны учитывать и облегчать усвоение сложности. На практике это проявляется не только в использовании нового знания и новых моделей, но и в сложноорганизованных способах использования уже известных, проверенных временем и педагогической практикой. Такие изменения отражают современные тенденции в обучении.

В современном информационно-насыщенном мире быстро меняются условия обучения: увеличивается суммарный объем изучаемого материала, сокращается количество часов, посвященных изучению естественнонаучных дисциплин. В соответствии с изменяющимися условиями и методами обучения претерпевают изменения и модели, используемые для обучения. Современная модель (как информацион-

ный блок или модуль) заведомо содержит избыточную, но до времени скрытую (свёрнутую) информацию, которую при необходимости можно развернуть, а при её ограниченности хотя бы связать с другой, более сложной, но совместимой моделью.

Модели, составляющие комплекс средств обучения, отбираются с учетом основных педагогико-эргономическим требований (основанных на традиционных педагогических принципах) с акцентом на добавление современных требований «интерактивности» и «перспективности» (или возможностью модификации). Такой подход возможен даже в ущерб визуальной наглядности и внешней простоте. Это не соответствует традиционности или «историчности» моделей, но реализует актуальность. Независимо от простоты или сложности используемых моделей, при формировании комплекса моделей должны быть учтены педагогико-эргономические требования к каждому из видов моделей и особенности процесса их взаимосочетания в процессе обучения (схема 1).

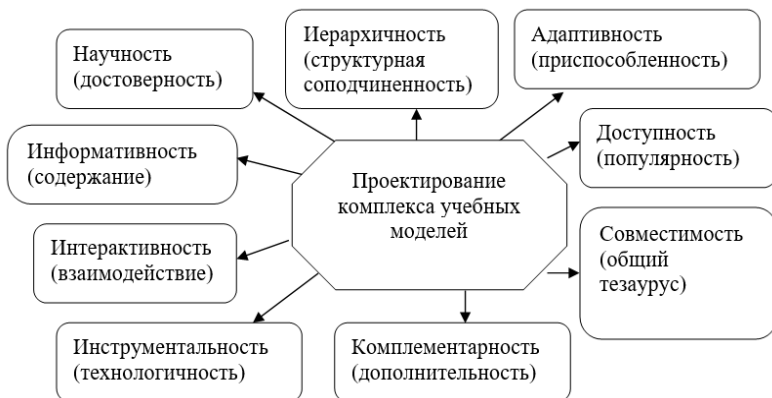


Схема 1. Педагогико-эргономические требования к комплексу учебных моделей

Как показано на схеме 1 к педагогико-эргономическим требованиям, предъявляемым к каждому из видов моделей, относятся: научность (или достоверность транслируемой информации); информативность (передаваемое учебное содержание); адаптивность (или приспособленность к уровню сложности транслируемого знания); доступность (простота и популярность моделей); а также требования к процессу взаимосочетания моделей в процессе обучения: иерархичность (отражающая их структурную соподчиненность); комплементарность

(или дополнительность); взаимосовместимость. К технологическим педагогико-эргономическим требованиям относятся: инструментальность (технологичность использования) и интерактивность (обеспечивающая взаимодействие с обучаемым), предусматривающая ответы на формирующийся в будущем запрос.

Частным примером использования новых моделей атомов и молекул - кольцегранников является учебный модуль, демонстрирующий возможности комплекса с включением новых кольцегранных моделей: «Формирование понятия устойчивости электронных оболочек» (схема 2).



Схема 2. Формирование понятия устойчивости электронных оболочек

На схеме 2 показан информационный модуль, составленный из нескольких мелких взаимосвязанных информационных блоков. Информационный блок «Свойства электрона» традиционно объясняется с помощью значков «+» и «-». Блок «Электронные оболочки атома», (или энергетические уровни) объясняется с помощью электронных



схем (стрелочки в квадратах). Блок «Взаимодействие электронов в оболочке» объясняется с использованием орбитальных моделей и моделей Гиллеспи. Информационный блок «Устойчивость электронных оболочек» объясняется с использованием кольцевых моделей. Объяснить его в рамках программы средней школы невозможно. В информационных блоках используются разные модели электрона: знак, точка (или маленький шарик), кольцо, орбиталь. Информационный блок «Устойчивость электронных оболочек» нуждается не только в использовании моделей, но и поддержке проведением модельного эксперимента. Модельный эксперимент, демонстрирующий объединение электронов в атомные оболочки проводится с помощью материальных кольцевых моделей в несколько этапов (и/или в виде виртуальных). Именно он обеспечивает самостоятельное участие в получении и усвоении личной проверкой нового знания.

Об используемом в информационном модуле понятии «модельный эксперимент» следует пояснить дополнительно. Модельный эксперимент появился в процессе познания, характеризуемого триадой «эксперимент-модель-теория» и приобрел большое значение не только в науке, но и в учебных курсах естественнонаучных дисциплин. Связано это с тем, что естественнонаучные знания особенно нуждаются в закреплении практикой, а по ряду причин это бывает затруднено. Например, при изучении процессов, которые невозможно наблюдать из-за большой разницы временных или пространственных масштабов, очень быстрых или медленных, очень больших или очень малых размеров. Заменой служит моделирование, являющееся общенаучным методом познания и одним из основных способов получения и усвоения учебных знаний. Модель оказывается единственным объектом, который является носителем информации о процессе или явлении, особенно в естественных науках. В физике и химии - это проблема моделирования микрообъектов, атомов и молекул. В такой ситуации большое значение приобретает модельный эксперимент как особая форма эксперимента, для которой характерно использование действующих 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 типично для объектов микромира. Теория и практика использования модельного эксперимента показывает, что к нему обращаются на всех этапах цикла Э-М-Т. (Схема 3.).

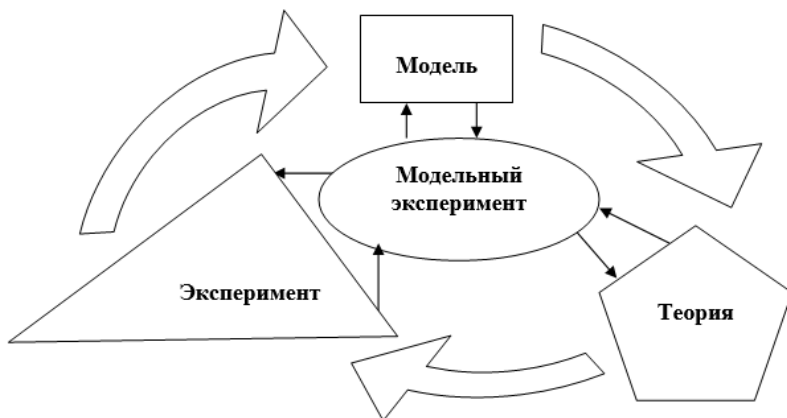


Схема 3. Роль модельного эксперимента в научном познании

Стрелки в схеме 3 не всегда обозначаются линиями, а занимают некий объем, так как обозначают не только направление развития, но и сами представляют собой элементы сбора и аккумуляции информации как операторы познания, соединяющих основные блоки триады познания. Модельный эксперимент используется также и в получении знания внутри цикла (в качестве подпроцесса научного познания), что обозначено на схеме тонкими стрелками. К модельному эксперименту обращаются при каждом переходе: от Эксперимента к Модели, от Модели к Теории, от Теории к Эксперименту. В процессе обучения (получения Знания или научения) происходит многократное, а часто и циклическое его использование.

Модельный эксперимент, расширяя границы проведения химического эксперимента не только на область дорогих или опасных для здоровья работ, но и на не наблюдаемые объекты микромира (элементарных частиц, атомов и молекул), является принципиально важным для формирования у учащихся представлений о реальном существовании мельчайших, описываемых в терминах вероятности объектах.

Дидактические возможности модельного эксперимента позволяют вводить новые научные представления о строении вещества в курсах химии и физики старшей школы. Постановка и проведение модельного эксперимента может проходить параллельно как на материальных моделях, так и в компьютерном виде. При этом использование моделей сопровождается интегральным (или синтетическим) подходом: «материальный набор + электронная версия + интерактивные

формы обучения», то есть модельный эксперимент, с использованием как материальных моделей, так и их отражения или повторения в виде компьютерных моделей, что позволяет расширять содержания образования. Результатом такого использования модельного эксперимента является более глубокое усвоение знания об устойчивости электронных оболочек, полученного самостоятельно в форме проблемного модельного эксперимента.

Синтетическое или комбинированное использование модельного эксперимента позволяет увеличить научно-образовательную глубину содержания образования и усилить мотивационно-игровой аспект изучения образовательного материала.

Используемые в учебном модуле кольцеобразные модели могут использоваться как в виде наглядных демонстрационных, так и раздаточных моделей. Кольцеобразные 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. С использованием кольцеобразных моделей появляется возможность организации занятий с использованием модельного эксперимента по основным темам и разделам курса химии 8 – 11 классов 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. При этом используются разнообразные формы обучения, в том числе и традиционные: через объяснение и демонстрацию учителем, через лабораторные фронтальные опыты и самостоятельные работы (лабораторные, практические и экспериментальные, коллективно-творческие).

Модельные эксперименты как форма обучения, развивающая самостоятельное мышление, используют элементы проблемного обучения и рассчитаны на самостоятельное установление результата (а при возможности и самостоятельную постановку проблемы в историко-структурном контексте) и требуют рассмотрения альтернативных гипотез в части строения вещества, представляющих свободу выбора и самостоятельное установление «истины». Для этого требуются не только новые формы обучения, но и новые альтернативные точки зрения: новые концепции и парадигмы, представляющие возможность множественного объяснения одного и того же явления. Таким образом, в разделе «Строение вещества» наглядно иллюстрируется проблема

сложности, а не единственности объяснения устройства окружающего мира (микромира) с помощью модельных представлений, что важно в условиях создания и использования современных комплексов средств обучения.



#### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Моисеев Н.Н. Универсум. Информация. Общество. (Библиотека журнала «Экология и жизнь». Серия «Устройство мира») — М.: Устойчивый мир, 2001. — 200 с.
2. Князева Е.Н. Эдгар Морен в поисках метода познания сложного. Вступительная статья к книге Морен Э. Метод. Природа природы. - М.: Прогресс-Традиция, 2005. – 464с.