ПЕДАГОГІКА

УДК 378.147:54

Елена Алексеевна Шатова
ст. преподаватель каф. химии и естественно-научного образования
Витебского государственного университета имени П. М. Машерова
Elena Shatova
Senior Lecturer of the Department of Chemistry and Natural Science Education
of Vitebsk State P. M. Masherov University
e-mail: elena.otvalcko@yandex.by

МОДЕЛИРОВАНИЕ КАК МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ И СРЕДСТВО НАУЧНОГО ПОЗНАНИЯ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ ОБЩЕЙ ХИМИИ

Статья посвящена исследованию и анализу дидактических аспектов использования метода наглядного моделирования в процессе обучения общей химии. Рассматриваются требования к разработке содержания учебной дисциплины «Общая химия». Особое внимание уделяется созданию моделей и принципам их использования в образовательном процессе при изучении общей химии. На основе проведенного анализа предложены рекомендации по созданию наглядных моделей изучаемых понятий при освоении содержания основных тем учебной программы по общей химии.

Ключевые слова: *моделирование, модель, наглядное моделирование, метод обучения, средства обучения, общая химия.*

Modeling as a Research Method and a Means of Scientific Knowledge in the Process of Teaching General Chemistry

This article is devoted to the study and analysis of didactic aspects of using the visual modeling method in the process of teaching general chemistry. The requirements for developing the content of the academic discipline «General Chemistry» are considered. Particular attention is paid to the creation of models and the principles of their use in the educational process in the study of general chemistry. Based on the analysis, recommendations are offered for creating visual models of the concepts being studied when mastering the content of the main topics of the general chemistry curriculum.

Key words: *modeling, model, visual modeling, teaching method, teaching aids, general chemistry.*

Введение

Моделирование представляет собой универсальный метод научного познания и исследования окружающего мира. В его основе лежит анализ процессов и явлений с использованием реальных или абстрактных моделей. На современном этапе этот метод приобрел общенаучный характер и применяется в исследованиях как живой, так и неживой природы, в областях наук о человеке и обществе, а также в создании новых педагогических систем и обучающих технологий. Необходимость применения метода моделирования как метода исследования в химической науке связана с чрезвычайно малыми размерами микромира и сложностью изучаемых объектов. Его применение помогает ученым-химикам решать следующие задачи:

1) исследование структуры молекул и прогнозирование свойств веществ;

2) оптимизация процессов синтеза и производства;

3) разработка новых химических соединений и материалов;

4) прогнозирование протекания химических реакций с термодинамической и кинетической точек зрения;

5) анализ природных экосистем и моделирование взаимодействия с позиции химии.

В последнее время понятие «моделирование» широко применяется также в дидактических исследованиях, причем основное внимание акцентируется на его значении для формирования у обучающихся научных знаний. По мнению ученых, образовательный процесс должен быть направлен на усвоение научных моделей, отобранных для обучения и подвергнутых определенной методической обработке.

Теоретической основой применения метода моделирования в дидактике являются

философские (А. В. Макулин, И. Б. Новик, Я. Г. Неуймин, А. И. Уемов, В. А. Штофф), психолого-педагогические (М. А. Ахметов, Р. Арнхейм, М. Вертгеймер, Е. Е. Минченков, Н. Г. Салмина, Л. М. Фридман, Д. Б. Эльконин) и методические (Е. Я. Аршанский, Т. С. Назарова, И. М. Титова, В. Ф. Шаталов, Д. И. Мычко, Л. Д. Мещерякова, Д. Н. Кожевников, М. А. Урбан) исследования.

Моделирование в обучении, в частности в методиках преподавания различных учебных дисциплин, рассматривается авторами в двух аспектах: как способ познания, которым следует овладеть для лучшего усвоения материала на разных ступенях образовательного процесса, и как метод (средство) обучения, являющееся составным элементом образовательной деятельности. Поэтому в современных методических исследованиях метод моделирования трактуется как совокупность приемов работы педагога, направленных на усвоение учащимися учебного материала с помощью учебных моделей, и формирование у них умения моделировать [1]. Ученые отмечают, что моделирование как метод обучения направлено на развитие интеллектуальных способностей личности, выявление творческого потенциала и формирование самостоятельности учащихся [2].

В процессе обучения общей химии моделирование применяется в основном с целью усиления *наглядности* изучаемого теоретического материала. Поэтому дидактически целесообразно использовать метод *наглядного моделирования,* под которым понимают вид моделирования существенных свойств и отношений изучаемых понятий с помощью моделей, построенных с использованием изобразительных средств [3].

Наглядное моделирование применяется в образовании для визуализации сложных и абстрактных понятий с целью обеспечения доступности их восприятия учащимися. И если обычная «наглядность» позволяет представить только внешние стороны объекта, то наглядное моделирование служит для фиксации частного и общего, чувственного и логического, внешнего и внутреннего. Например, мы не знаем, как «устроен» электрон, но знаем, как он взаимодействует с электрическими и магнитными полями, с гравитационным полем; это и есть описание электрона на уровне модели. Современная трактовка наглядности существенно расширилась и изменилось в связи с наступлением «эпохи сложности» и доминированием «экранной культуры» потребления информации.

Хотя эксперты признают значимую роль использования моделирования в обучении общей химии и доказали в ряде научных исследований его эффективность в образовательном процессе, у педагогов до сих пор не сложилось единого понимания его сущности и особенностей применения [4]. Несмотря на широкое употребление моделей при изучении химии, студенты часто не воспринимают модельный характер процесса обучения, а преподаватели не придают этому существенного значения. Отчасти это связано с тем, что в учебных программах и учебниках по общей химии для университетов понятие «моделирование» практически отсутствует [5]. В результате моделирование в обучении химии используется эпизодически, и его дидактический потенциал не реализуется в полном объеме.

Целью статьи является формулирование требований к содержанию учебной дисциплины «Общая химия» и принципов использования наглядных моделей в ходе его освоения, разработка этапов использования наглядного моделирования при усвоении учебного материала.

Требования к разработке содержания учебной дисциплины «Общая химия»

Результаты анализа исследований, выполненных учеными в различные исторические периоды [3], позволяют сформулировать требования к разработке содержания дисциплины «Общая химия» с учетом реализации в нем идей метода моделирования:

1. При разработке содержания дисциплины «Общая химия» нужно обеспечить такое сочетание подходов (системный, интегративный, компетентностный, личностно ориентированный, деятельностный), при котором метод моделирования в обучении реализует те же функции, что и в научном познании, т. е. служит экспериментальным базисом и критерием истинности теорий. Это можно обеспечить при условии правильного интегрирования метода моделирования в образовательный процесс, стимулирования интереса студентов к научному познанию, обеспечения возможности сту-

дентов проводить наблюдения и химические эксперименты, анализировать результаты, формулировать гипотезы и строить модели.

2. Содержание дисциплины «Общая химия» должно отражать основные этапы развития научной теории и знакомить учащихся с результатами применения моделей в научном познании химических объектов. Только в этом случае студенты будут способны не только воспроизводить информацию, но и осознанно анализировать ее, понимать логику развития научной мысли, видеть, как модели помогают предсказывать, объяснять и систематизировать знания по химии.

3. В содержании дисциплины «Общая химия» следует акцентировать идею применения метода моделирования в научном познании химических объектов, знакомить учащихся с сущностью и особенностями этого метода. Реализация данного требования возможна, например, с помощью вводной лекции, посвященной рассмотрению сущности метода моделирования в химии и его роли в научных химических исследованиях. В частности, целесообразно показать студентам, что молекулярное моделирование в изучении структуры молекул предоставляет мощный инструмент для понимания и визуализации химических объектов, позволяет анализировать геометрию молекул, включая углы между связями и пространственное распределение атомов. Это помогает предсказывать физические и химические свойства веществ на основе их молекулярной структуры. В научных исследованиях молекулярное моделирование используются для предсказания реакционных механизмов, оптимизации катализаторов и т. д.

4. В содержании дисциплины «Общая химия» при изучении каждой темы следует использовать комплекс учебных моделей, адекватных соответствующим моделям, которые применялись в научном познании химических объектов. Например, научная модель атома – это планетарная модель атома Бора – Резерфорда, а учебная модель – это шаровая модель атома с ядром и электронными оболочками или модель электронных оболочек с различными энергетическими уровнями. Обе модели соответствуют друг другу, и их визуальные различия объясняются целями использования (в первом случае – научное, во втором – учебное познание).

Результаты анализа нормативных документов (образовательные стандарты, учебная программа [5; 6]) показывают, что реализация сформулированных требований в настоящее время представлена фрагментарно или отсутствует.

Модели как средства наглядного моделирования и принципы их использования в образовательном процессе при изучении общей химии

Метод моделирования реализуется в образовательном процессе с помощью специальных средств обучения – моделей. Модели в дидактике – это материальные или мысленно представляемые объекты, которые в процессе изучения замещают объект-оригинал, сохраняя некоторые важные для определенного исследования свойства [7]. При обучении общей химии примерами моделей являются молекулярные модели, химические уравнения, диаграммы Льюиса и энергетических уровней, модели процессов растворения, диссоциации, окислительно-восстановительных реакций и др.

Особую группу в обучении химии составляют *наглядные модели*, которые являются средствами осуществления деятельности наглядного моделирования. Наглядные модели в отличие от остальных видов моделей построены с помощью наглядных (предметных или изобразительных) средств. Среди наглядных учебных моделей в настоящее время для изучения, объяснения или прогнозирования различных химических объектов используются как традиционные изображения структур химических элементов, так и 3 D-визуализации, созданные с помощью компьютерных программ. Полезные для педагога 3 D-визуализации разрабатываются в университетах, одним из наиболее интересных примеров является виртуальная лаборатория The Physics Education Technology университета Колорадо, где собраны интерактивные симуляции (наглядные динамические модели) изучаемых понятий по различным учебным дисциплинам. В наши дни эта лаборатория продолжает оставаться одной из наиболее популярных проектов среди виртуальных лабораторий, интерактивные симуляции

размещены в открытом доступе на сайте Университета Колорадо [8].

Считаем важным для повышения эффективности обучения студентов общей химии не только использовать наглядные модели для иллюстрирования химических понятий, но и сделать сами понятия «модель» и «моделирование» объектами изучения. При организации образовательного процесса необходимо опираться на *принципы*:

1) *соответствия образовательному стандарту* (использование наглядных моделей должно соответствовать образовательному стандарту по специальностям высшего образования I ступени и требованиям учебного плана по специальности);

2) *целевой направленности* (наглядные модели должны быть разработаны с учетом конкретных образовательных целей, иллюстрировать ключевые химические концепции и понятия);

3) *отражения реальности* (наглядные модели должны максимально точно отражать реальные химические объекты, что позволит студентам лучше понять их особенности);

4) *вариативности* (в процессе изучения общей химии следует использовать разнообразные виды наглядных моделей, что помогает студентам выделить инвариант, сохраняющийся в каждой модели и отражающий существенные черты изучаемых химических понятий);

5) *интерактивности* (при изучении химических понятий важно предоставить студентам возможность взаимодействия с наглядными моделями, например, с помощью виртуальных лабораторий, где можно проводить эксперименты и наблюдать результаты);

6) *онлайн- и офлайн-доступности* (наглядные модели должны быть доступны для использования как в самих учреждениях образования, так и вне этих учреждений: онлайн-ресурсы, программное обеспечение для домашнего использования и др.).

7) *обратной связи* (необходимо предоставить студентам механизмы для обратной связи, чтобы они могли самостоятельно оценивать результаты усвоения предметного содержания дисциплины «Общая химия» и совершенствовать индивидуальные траектории обучения).

Учет сформулированных принципов позволяет повысить результативность усвоения студентами изучаемых химических понятий и способов деятельности, а также сформировать у них представление о ценности и сущности метода наглядного моделирования.

Практика использования наглядного моделирования при обучении студентов общей химии

Обучение студентов общей химии с использованием наглядного моделирования осложняется тем, что всего на изучение дисциплины отводится 200 часов, из них только 50 % аудиторных занятий. Поэтому считаем важным использовать на практических занятиях разработанные *инструкции*, которые помогут повысить результативность формирования предметных знаний и умений студентов. Инструкция может содержать ключевые понятия, алгоритм анализа, формулы и другие важные элементы, необходимые для достижения конкретного результата. Рассматривая задание, студенты учатся моделировать ситуацию самостоятельно и при ответе на заданный преподавателем вопрос выбирать необходимое действие.

Учебную дисциплину «Общая химия» мы разделили на модули. Покажем некоторые примеры разработанных нами заданий, предполагающих наглядное моделирование для каждого из модулей учебной программы.

Модуль. *Строение вещества. Периодическая система химических элементов. Периодичность химических элементов.*

Задание: Моделирование строения атома.

Цель: создать наглядную модель строения атома химического элемента, включая элементарные частицы.

Инструкция.

1. Выберите элемент из периодической таблицы и определите его атомный номер. Нарисуйте или создайте наглядную модель атома выбранного химического элемента.

2. Используя свою модель, обозначьте ядро атома, включая протоны, нейтроны и электроны. Покажите их расположение и заряды, а также влияние на электрическое взаимодействие внутри атома.

3. Обозначьте электроны и их орбитали вокруг ядра. Покажите, как они двигаются вокруг ядра и какие уровни (оболочки) они занимают.

4. Опишите, каким образом электроны распределены по оболочкам в соответствии с правилами заполнения электронных оболочек.

Модуль. Химическая связь.

Задание: Моделирование химической связи.

Цель: создать наглядную модель химической связи между атомами и указать тип связи и тип кристаллической структуры соединения.

Инструкция.

1. Выберите два элемента из периодической таблицы, например, с электронными конфигурациями $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$ и $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$.

2. Нарисуйте наглядную модель атомов этих элементов, показав их электроны и ядра.

3. Используя модели атомов, объясните, как происходит образование химической связи между этими атомами. Составьте схему образования химической связи.

4. Объясните, какие типы химических связей возможны и почему в данном случае происходит конкретный тип связи.

5. Подробно опишите характеристики образовавшейся молекулы, тип кристаллической структуры соединения.

Модуль. Химические реакции. Основные закономерности протекания химических процессов.

Задание 1. Моделирование химической реакции.

Цель: понять и визуализировать процесс химической реакции на примере реакции между кислородом и аммиаком.

Инструкция.

1. Создайте наглядную модель, иллюстрирующую, как атомы кислорода взаимодействуют с атомами водорода и азота в аммиаке во время реакции. Используйте стрелки, чтобы показать, какие связи образуются и какие атомы участвуют в реакции.

2. Опишите продукты реакции и их состав.

3. Дайте краткое объяснение химической реакции, включая баланс химических уравнений, если это необходимо.

4. Попробуйте представить, как реакция протекает на молекулярном уровне.

Задание 2. Моделирование процессов термодинамики.

Цель: создать наглядную модель, иллюстрирующую основные понятия термодинамики, и понять, как изменения состояния влияют на энергетические процессы.

Инструкция.

1. Выберите термодинамический процесс, например, изохорное нагревание (постоянный объем), и опишите его характеристики.

2. Создайте наглядную модель, которая показывает начальное и конечное состояния системы, включая температуру и давление. Используйте диаграмму или график для демонстрации изменений.

3. Объясните, какие изменения происходят внутри системы во время процесса, включая изменения внутренней энергии и теплообмен.

4. Исследуйте законы термодинамики: закон сохранения энергии и второе начало термодинамики – и объясните их согласно вашей наглядной модели.

5. Рассмотрите практическое применение принципов термодинамики, такие как работа двигателей и охлаждение систем.

Задание 3. Моделирование окислительно-восстановительных реакций.

Цель: создать наглядную модель, иллюстрирующую процессы окисления и восстановления в химических реакциях.

Инструкция.

1. Выберите реагенты, которые участвуют в окислительно-восстановительных реакциях (например, водород, азот и кислород). Запишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения: $N_2 \rightarrow NH_3 \rightarrow NO \rightarrow X \rightarrow HNO_3 \rightarrow NH_4NO_3$.

2. Определите вещество X.

3. Покажите процесс окисления и восстановления, используя стрелки и текстовые пояснения, расставьте коэффициенты методом полуреакций.

4. Создайте модель конечного состояния продуктов реакции и определите их способность проявлять в зависимости от условий как восстановительные, так и окислительные свойства. Укажите условия осуществления данных реакций.

Модуль. Растворы.

Задание 1. Моделирование процесса растворения.

Цель: создать наглядную модель процесса растворения и понять, какие факторы влияют на растворимость.

Инструкция.

1. Выберите химическое вещество, которое вы хотите использовать в этом задании (например, NaCl).

2. Создайте наглядную модель частиц растворителя (например, воды) и частиц растворенного вещества (натрия и хлора), показав их в исходном состоянии.

3. Покажите процесс растворения, где частицы растворителя окружают частицы растворенного вещества и разделяют их.

4. Объясните, какие факторы могут влиять на скорость растворения и растворимость (например, температура, размер частиц, перемешивание).

5. Рассмотрите практические примеры, где растворы играют важную роль (приготовление солевого раствора, напитков).

Задание 2. Моделирование электролитической диссоциации.

Цель: создать наглядную модель электролитической диссоциации и понять процесс распада электролита на ионы при его растворении или плавлении.

Инструкция.

1. Выберите химическое вещество, которое является электролитом, например, NaCl.

2. Создайте наглядную модель молекулярной структуры этого вещества, показав атомы и связи между ними.

3. Покажите процесс электролитической диссоциации, разделяя молекулы на ионы. Например, для NaCl покажите, как молекула NaCl разделяется на ионы Na^+ и Cl^- в растворе.

4. Объясните, как электролитическая диссоциация влияет на проводимость раствора и его способность проводить электрический ток.

5. Дополните модель ионами, указав их заряды.

Заключение

Выполненное исследование позволяет сделать следующие выводы.

1. Студентов следует не только обучать предметному содержанию дисциплины «Общая химия», но и знакомить их с основами моделирования и модельным характером изучаемого материала. Для этого важно обеспечить соблюдение разработанных в исследовании требований к содержанию учебной дисциплины «Общая химия».

2. При изучении общей химии особое значение имеет наглядное моделирование понятий и способов действий, которое позволяет визуализировать абстрактные химические идеи и за счет этого делает их более доступными для понимания.

3. Наглядное моделирование реализуется с помощью специальных средств обучения – наглядных моделей, использование которых при изучении общей химии должно соответствовать разработанным в исследовании принципам.

4. Результативность методики обучения студентов общей химии повышается при условии обогащения ее авторскими инструкциями по работе с наглядными моделями изучаемых понятий при освоении содержания различных модулей учебной программы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Урбан, М. А. Моделирование как дидактическая основа начального обучения математике: особенности, проблемы подготовки учителя, пути решения / М. А. Урбан, А. С. Обчинец // Изв. Гомел. гос. ун-та им. Ф. Скорины. Соц.-экон. и обществ. науки. – 2022. – № 5 (134). – С. 93–99.

2. Прилуцкая, С. В. Моделирование как активный метод обучения и развития учащихся на уроках географии / С. В. Прилуцкая // Изв. Гомел. гос. ун-та им. Ф. Скорины. – 2008. – № 3 (48). – С. 121–127.

3. Шатова, Е. А. Наглядное моделирование как средство научного и учебного познания в химии / Е. А. Шатова // Пед. наука и образование. – 2022. – № 1 (38). – С. 51–55.

4. Кожевников, Д. Н. Современные особенности использования средств модельной наглядности в процессе обучения / Д. Н. Кожевников // Ценности и смыслы. – 2018. – № 5 (57). – С. 97–1104.

5. Общая химия: типовая учебная программа по учебной дисциплине для специальности 1-02 04 01 Биология и химия / Белорус. гос. пед. ун-т ; сост.: С. Ю. Елисеев, Е. Н. Мицкевич. – Минск : М-во образования Респ. Беларусь, 2022. – 19 с.

6. Образовательный стандарт Республики Беларусь. Высшее образование. Первая ступень. Специальность 1-02 04 01 Биология и химия : ОСРБ 1-02 04 01-2021 : утв. и введ. в действие постановлением М-ва образования Респ. Беларусь, 20 апр. 2022 г., № 85. – Взамен ОСРБ 1-02 04 01-2013 ; введ. 03.08.2013. – Минск : М-во образования Респ. Беларусь, 2013. – 14 с.

7. Татьянченко, Д. В. Программа общеучебных умений: совершенствование эффективности формирования познавательной компетентности школьников / Д. В. Татьянченко, С. Г. Воровщиков // Образование в соврем. шк. – 2002. – № 6. – С. 44–57.

8. Phet Interactive Simulatioon. University of Colorado, Boulder [Electronic resouece]. – Mode of access: https://phet.colorado.edu/en/simulations/filter?subjects=chemistry&type=html,prototype. – Date of access: 17.01.2024.

REFERENCES

1. Urban, M. A. Modelirovanije kak didaktichieskaja osnova nachal’nogo obuchienija matiematikie: osobiennosti, probliemy podgotovki uchitielia, puti rieshenija / M. A. Urban, A. S. Obchiniec // Izv. Gomiel. gos. un-ta im. F. Skoriny. Soc.-ekon. i obshchiestv. nauki. – 2022. – № 5 (134). – S. 93–99.

2. Priluckaja, S. V. Modelirovanije kak aktivnyj mietod obuchienija i razvitija uchashchikhsia na urokakh gieografii / S. V. Priluckaja // Izv. Gomiel. gos. un-ta im. F. Skoriny. – 2008. – № 3 (48). – S. 121–127.

3. Shatova, Ye. A. Nagliadnoje modelirovanije kak sriedstvo nauchnogo i uchiebnogo poznanija v khimii / Ye. A. Shatova // Pied. nauki i obrazovanije. – 2022. – № 1 (38). – C. 51–55.

4. Kozhevnikov, D. N. Sovriemiennyje osobiennosti ispol’zovanija sriedtv model’noj nagliadnosti v processie obuchienija / D. N. Kozhevnikov // Cennosti i smysly. – 2018. – № 5 (57). – S. 97–1104.

5. Obshchaja khimija : tipovaja uchiebnaja programma po uchiebnoj disciplinie dlia spiecial’nosti 1-02 04 01 Biologija i khimija / Bielorus. gos. pied. un-t ; sost.: S. Yu. Yelisiejev, Ye. N. Mickievich. – Minsk : M-vo obrazovanija Riesp. Bielarus’, 2022. – 19 s.

6. Obrazovatiel’nyj standart Riespubliki Bielarus’. Vyssheje obrazovanije. Piervaja stupien’. Spiecial’nost’ 1-02 04 01 Biologija i khimija : OSRB 1-02 04 01-2021 : utv. i vvied. v diejstvije postanovlienijem M-va obrazovanija Riesp. Bielarus’, 20 apr. 2022 g., № 85. – Vzamien OSRB 1-02 04 01-2013 ; vvied. 03.08.2013. – Minsk : M-vo obrazovanija Riesp. Bielarus’, 2013. – 14 s.

7. Tat’janchienko, D. V. Programma obshchieuchiebnykh umienij: soviershenstvovanije effiektivnosti formirovanija poznavatiel’noj kompietientnosti shkol’nikov / D. V. Tat’janchienko, S. G. Vorovshchikov // Obrazovanije v sovriem. shk. – 2002. – № 6. – S. 44–57.

8. Phet Interactive Simulatioon. University of Colorado, Boulder [Electronic resouece]. – Mode of access: https://phet.colorado.edu/en/simulations/filter?subjects=chemistry&type=html,prototype. – Date of access: 17.01.2024.

Рукапіс паступіў у рэдакцыю 20.02.2024