

Глава 2.3

ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРЕПОДАВАНИИ ХИМИИ

Характерной чертой современного обучения является все более широкое использование в преподавании химии возможностей информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) [32]. Однако известно немало примеров, когда, казалось бы, успешное внедрение ИКТ не подкрепляется соответствующим улучшением усвоения знаний. До сих пор точно не выяснено в форме каких изображений (статических, динамических и др.) должны быть представлены данные для обучения химии. Неудачное сочетание в рабочем окне программы (на проекционном экране, интерактивном плакате и т.д.) разнообразных информационных объектов способно не только не улучшить усвоение материала, но и привести к значительному ухудшению его понимания. Это актуализирует необходимость систематизации существующих литературных данных по вопросу организации эффективного использования ИКТ на занятиях по химии в образовательном учреждении.

Основой для прогнозирования эффективности обучения с применением химического материала, представленного в разном формате, служит теория когнитивной нагрузки [1, 14]. Ее авторы характеризуют когнитивную нагрузку ученика как количество «умственной энергии», необходимой ему для обработки данных, и оперируют понятием «рабочая память», которая предоставляет место для временного хранения данных. Исследователи различают несколько типов когнитивной нагрузки, чаще всего выделяя в ней внутреннюю и внешнюю составляющие. Применительно к учебному процессу внутренняя когнитивная нагрузка определяется содержанием материала и связана с количеством элементов, которые интегрированы в схему контента, должны обрабатываться и храниться в рабочей памяти одновременно. Считают, что с увеличением числа таких элементов внутренняя когнитивная нагрузка растет. Ее нельзя определить, просто анализируя учебный материал, и необходимо устанавливать относительно уровня знаний обучаемого.

Внешнюю когнитивную нагрузку разделяют на постороннюю и релевантную. Посторонняя нагрузка чаще всего формируется дизайном и организацией подачи учебного материала, ее связывают с факторами, которые вызывают дополнительные усилия из-за неподходящего формата данных. Например, при одновременной демонстрации текста и рисунка на экране визуальный канал восприятия учеников перегружается, поскольку текст сначала воспринимается как картинка, и только потом начинается его распознавание и понимание. Постороннюю нагрузку такого рода устраняет замена изображения текста аудиальным комментарием. Другой пример. Если на экране приводится диаграмма с пояснительным текстом его трудно проигнорировать, даже если он не нужен ученику для понимания смысла диаграммы. Обучаемый вынужден ассимилировать множественные элементы данных, и этот процесс накладывает дополнительную нагрузку на рабочую память. Считают, что постороннюю нагрузку нужно максимально уменьшать.

Релевантная когнитивная нагрузка характеризует степень усилия, необходимого для обработки, внутренней организации, интеграции и конструирования когнитивных схем данных. Ученики не используют все свои познавательные способности автоматически. Те из них, кто изучает предмет более глубоко, скорее будут работать с высокой нагрузкой по сравнению с теми, кто учится поверхностно. Релевантная нагрузка является аспектом саморегулирования ученика и связана с побуждением и интересом. Поэтому, при обучении нужно заботиться о ее максимальном повышении.

Полная когнитивная нагрузка характеризуется свойством аддитивности: она равна сумме всех трех перечисленных выше видов нагрузки. Это дает основу для прогнозирования эффективности работы с любыми мультимедийными электронными ресурсами (ЭР). Внутреннюю нагрузку считают неизменной, хотя в последних публикациях по этой тематике высказываются предположения, что методики, упорядочивающие обработку данных «от простого к сложному», могут структурировать процесс познания и влиять на него [8, 12]. Тем не менее, в основном, пользователи и разработчики электронных учебных средств могут управлять внешней нагрузкой, стремясь снижать постороннюю и увеличивать релевантную.

Следует учитывать, что если внутренняя нагрузка низкая, увеличение релевантной нагрузки возможно, даже если посторонняя нагрузка высока. Именно поэтому учебный дизайн ЭР будет не очень важен, когда речь идет об усвоении простого материала. Однако, если предмет изучения сложен, дополнительная посторонняя нагрузка может привести к превышению возможностей рабочей

памяти ученика и не оставить их для осуществления релевантных операций.

Химия часто воспринимается как сложная дисциплина. Учебный материал по химии в сравнении с другими предметами имеет особенности, среди которых можно выделить те, которые затрудняют его усвоение. А именно: необходимость применения символьных записей и абстрактных представлений, большое количество законов, принципов, схем, диаграмм, сравнительных таблиц. Именно поэтому вопросы целесообразности внедрения ИКТ в обучение химии достаточно остры и требуют педагогически выверенного подхода.

На основании анализа результатов исследований последних лет выделены некоторые причины недостаточного понимания и усвоения учениками химических понятий, устранить которые возможно средствами ИКТ. Из табл. 12 видно, что эту проблему современные педагоги-исследователи решают, в основном, за счет применения интерактивных динамических визуализаций и компьютерного моделирования.

Рассмотрим, какими программными средствами располагают современные учителя химии. Главное место занимают педагогические программные средства, которые охватывают значительный объем материала разделов дисциплины или полностью учебный курс. Они представляют собой совокупность компьютерных программ, предназначенных для достижения конкретных целей обучения и, в идеальном случае, становятся основной частью программно-методических комплексов (ПМК), включающих методическое и дидактическое сопровождение.

Во многих образовательных учреждениях самостоятельно разрабатывают и используют компьютерные обучающие системы по различным дисциплинам. Развитие гипертекстовой технологии позволило тиражировать на дисках разнообразные электронные издания: учебники, справочники, словари, энциклопедии. Причем, если раньше можно было классифицировать такие ресурсы по назначению, составу, структуре и содержанию (энциклопедии содержали мощную поисковую систему, учебники – много текстового и иллюстративного материала), то теперь их различать становится все сложнее. Практически каждый из современных химических электронных учебников содержит: медиатеку средств наглядности (фотографии, рисунки, схемы, таблицы, объекты интерактивного взаимодействия и др.); справочник или энциклопедию с системой поиска информации и глоссарием; тестовые системы для проверки усвоения знаний; элементы имитационных работ и др.

Таблица 12

**ПРИЧИНЫ НЕДОСТАТОЧНОГО ПОНИМАНИЯ УЧЕНИКАМИ
ХИМИЧЕСКИХ ПОНЯТИЙ И ВАРИАНТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ИКТ
ДЛЯ ЕГО УЛУЧШЕНИЯ**

Причины	Трудности, которые возникают	Возможные решения с помощью ИКТ
Перегрузка рабочей памяти	Ученикам сложно мысленно устанавливать связи между тремя компонентами химических знаний (микро-, макро- и символическим)	Применение средств, которые позволяют показывать связи между различными уровнями представления химического материала явно и тренировать осуществление переходов между ними.
Недостаточно развитое концептуальное понимание	Описывая утверждение в символической форме, ученики не могут объяснить причины явления; овладевают алгоритмами решения задач, но не решают задач, требующих концептуального рассуждения	Обеспечение средствами для пошаговой работы. Акцентирование внимания на релевантной информации. Применение динамических визуализаций, которые: - представляют динамичный характер процессов; - обеспечивают возможность многократного воспроизведения, концентрируют внимание на различных аспектах изображения;
Недостаточное развитие визуально-пространственного мышления	Сложности в представлении образов, что влечет за собой формирование наиболее распространенных концептуальных ошибок учащихся	- позволяют осуществлять преобразования между двух- и трехмерными изображениями
Наличие неверно сформированных умственных моделей	Ученики используют опыт мысленного построения моделей на основе известных им явлений и событий. Модель, базирующаяся на таком опыте, часто бывает неправильной	Моделирование позволяет разложить сложные процессы на простые части, восприятие которых базируется на правильно сформированных у обучающихся образах
Неадекватное восприятие моделей	Ученики склонны считать модели копиями действительности, не понимая их функций, области применения и ограничений	Применение таких средств ИКТ, которые позволяют вносить изменения в параметры моделирования, наблюдать их влияние на модель, сравнивать полученные результаты
Разрыв между теорией, и ее практическим применением	Ученики часто не понимают связи между изучаемыми теоретическими данными и их практической реализацией	Компьютерное моделирование (чаще всего – имитация работы оборудования и действий в лаборатории). Применение программных продуктов, отражающих проблемы реального мира

В каталоге ЭР представлено около ста наименований программных средств учебного назначения различных фирм-разработчиков [39]. Характеристика распределения каталогизированных электронных учебных изданий по виду приведена в табл. 13 и 14.

Таблица 13

ХАРАКТЕРИСТИКА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ УЧЕБНЫХ ИЗДАНИЙ

Вид электронного учебного издания	Количество, ед
Учебники и пособия для учащихся	62
Образовательные комплексы и коллекции	18
Пособия для контроля и самоконтроля	11
Словари, справочники, энциклопедии	4
Интерактивные игры	1
Пособия для учителей	1

Таблица 14

СОСТАВ НАИБОЛЕЕ ШИРОКО ПРЕДСТАВЛЕННЫХ ВИДОВ ЭР

Вид электронного учебного издания	Количество, ед	Примечания (название, авторы, содержание материала, год издания)
<i>Учебники и пособия для учащихся (всего 62 ед.):</i>		
учебное пособие	32	Видео фильмы, электронные пособия, интерактивные игры
учебно-дидактические материалы	19	Рефераты, готовые домашние задания, «шпаргалки» для старшеклассников
приложение к учебнику	2	Рудзитис Г.Е., Фельдман Ф.Г. Химия. Органическая химия 10 кл., 2008
		Мультимедийное приложение к УМК «Химия. 8 класс», 2006
компьютерный тренажер	2	Тренажеры, работающие в режимах тренировки и экзамена для подготовки к сдаче ЕГЭ
самоучитель	2	Программы серии TeachPro: Учебник и самоучитель по химии 7 – 11 кл., 2007
дополнительные материалы	2	Биографии великих ученых, рефераты, увлекательное естествознание
наглядные пособия	1	Библиотека электронных наглядных пособий, 2003
компьютерный задачник	1	Химия. Интерактивные творческие задания 8 – 9 кл., 2007
компьютерный практикум	1	Практикум по химии. Задачи и решения/ Хрушков А.С., 2008–2010 .

Окончание табл. 14

Вид электронного учебного издания	Количество, ед	Примечания (название, авторы, содержание материала, год издания)
<i>Образовательные комплексы и коллекции (всего всего 18 ед.):</i>		
Вид электронного учебного издания	Количество, ед	Примечания (название, авторы, содержание материала, год издания)
образовательный комплекс	6	Интерактивные плакаты. Химические реакции: ПМК / Журин А.А., Широ-ва М.Ф., 2009 Интерактивные наглядные пособия. Естествознание: ПМК, 2009 Химия. Цифровая база видео, 2006 Интерактивные творческие задания. Химия. 7 – 9 кл.: ПМК, 2007 1С: Школа. Химия. 8 кл. Открытая химия 2.6 / Зеленцов В.В., 2006
репетиционно-методический комплекс	12	1С: Репетитор. Сдаем Единый экзамен Разработчик «1С», 2007 – 2011 Готовые экзаменационные ответы. 9 и 11 кл.: Биология и Химия, 2008 Репетиторы по химии Кирилла и Мефодия, 2008 – 2009
<i>Пособия для контроля и самоконтроля (всего 9 ед.):</i>		
тестовые задания	1	Интерактивные тесты. Химические реакции, 2010
пособия для подготовки к итоговому тестированию	1	Экспресс-подготовка к экзамену 2008 – 2009. Химия. 9 – 11 кл., 2008
пособия для подготовки к ЕГЭ	7	2005 – 2010

Из данных табл. 13 и 14 видно, что есть достаточно много видов ЭР, и в них используются различные формы представления химического материала. Многообразие программных продуктов вносит определенные сложности в методическую подготовку преподавателя к занятию, требует от учителя высокого уровня педагогической и информатической культуры, а также принципиально другого осмысления материала. При существующем изобилии ЭР методические рекомендации по их применению на уроках встречаются крайне редко. Учитель должен четко понимать функции материала, который использует из ЭР, и учебные задачи, которые собирается решать при его помощи, а также конструировать схему занятия, с учетом психолого-педагогических особенностей восприятия учеников.

С развитием ИКТ постоянно появляются новые виды ЭР, в связи с чем, перечни терминов, обозначающих их виды, всегда будут приблизительными, не законченными. Терминологического стандарта разновидностей ЭР на сегодня не существует, большинство терминов представлено в ряде справочников и словарей по информационным и компьютерным технологиям, а также в научных публикациях по соответствующей тематике. Поэтому, для осуществления дальнейшего обсуждения особенностей применения ЭР на уроках по химии объединим их в условные группы (табл. 15).

Таблица 15

УСЛОВНАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ЭР ПО ХИМИИ

Группа ресурсов	Назначение ресурса
Статические изображения	Визуализация данных
Динамические изображения	Визуализация данных
Программное обеспечение моделирования «Виртуальные» химические лаборатории	Компьютерное моделирование, визуализация молекулярных структур Имитация экспериментов и химических явлений (на экране компьютера либо виртуально)
Лабораторные комплексы с измерительными датчиками	Экспериментирование с компьютерной обработкой данных и визуализацией результатов
Интернет и коммуникации	Коммуникация, сотрудничество
Системы поиска и учебные базы данных	Поиск данных
Программное обеспечение учебного назначения	Методическое и информационное обеспечение процесса обучения
Программное обеспечение контроля знаний	Контроль знаний

Анализ табл. 15 показывает, что среди выделенных групп ЭР функцию визуализации данных в том либо ином виде выполняет большинство. На сегодня наиболее используемыми в обучении химии можно считать статические и динамические изображения для визуализации данных (далее – статические и динамические визуализации), также как и компьютерное моделирование.

Визуализации применяют с различной методической целью. Чаще всего они становятся демонстрационной поддержкой рассказа преподавателя. Использование визуализаций помогает ученикам строить мысленные модели понятий и принципов в соответствии с существующими научными взглядами. Особенно это важно для представления явлений, которые не могут наблюдаться невооруженным глазом (например, молекулярные взаимодействия).

Применение ИКТ для статического изображения объектов мультимедиа не имеет принципиальной новизны в дидактическом плане. Чтобы не допускать ошибок, учителям необходимо ознакомиться с существующими теориями мультимедийного обучения, и при применении самостоятельно разработанных статических презентаций, а также фрагментов электронных учебных пособий, придерживаться их основных принципов (табл. 16) [15].

Таблица 16

ПРИНЦИПЫ МУЛЬТИМЕДИЙНОЙ ТЕОРИИ Р. МАЙЕРА

Название принципа	Содержание принципа
Мультимедиа	Ученики учатся лучше, когда используются слова и изображения, а не только одни слова
Пространственной непрерывности	Ученики учатся лучше, когда соответствующие слова и изображения представлены рядом, а не далеко друг от друга на странице или экране
Временной непрерывности	Ученики учатся лучше, когда соответствующие слова и изображения представлены одновременно, а не последовательно
Согласованности	Ученики учатся лучше, когда отсутствуют посторонние слова, картинки и звуки
Модальности	Ученики учатся лучше при использовании анимации и повествования, чем анимации и показа текста на экране
Избыточности	Ученики учатся лучше при показе анимации в сопровождении повествования, чем при одновременном повествовании и показе анимации и текста на экране
Индивидуальных различий	Дизайн-эффекты сильнее воздействуют на учащихся с низким уровнем знаний, чем на учеников с высоким уровнем знаний, и на учащихся с высоким уровнем развития пространственного представления, чем на учеников с низким уровнем его развития

Принципы полностью отвечают положениям теории когнитивной нагрузки, их соблюдение способствует снижению посторонней нагрузки учеников. Р. Морено сформулированы принципы когнитивно-эмоциональной теории мультимедийного обучения:

- Изучение происходит, когда ученик осуществляет сознательное усилие в когнитивных процессах, таких как отбор, организация и интегрирование новой информации с имеющимися знаниями;
- Мотивационные факторы обучения увеличивают или уменьшают когнитивную нагрузку;

- Разница в предварительных знаниях и способностях учащихся может влиять на степень усвоения учебного мультимедийного материала [4].

Эти принципы развивают теорию Р. Майера и касаются больше роли релевантной нагрузки. Все, что предназначено для облегчения построения в уме учеников схем понятий (демонстрация связей между элементами понятий, а также с предыдущими изученными сведениями, упорядочивание данных, отражение проблемы в целом и т.д.) – повышает эффективность обучения.

В литературе достаточно полно освещены вопросы организации работы со статическими изображениями и мультимедийными презентациями. Выводы ученых коррелируют между собой и подкреплены экспериментально. Иная ситуация с применением динамических визуализаций. Многие исследователи считают неоднозначными данные относительно эффектов от их использования. Выявление условий, при которых динамические визуализации помогают изучению, ведутся до настоящего времени.

Данные работ [2; 6; 9; 11; 16] позволяют сформулировать некоторые принципы, которых нужно придерживаться при создании и применении динамических визуализаций. Первый из них – принцип разделения внимания – утверждает, что эффективному пониманию динамических мультимедийных материалов препятствует распределение внимания учеников, которое возникает во время мысленного объединения нескольких источников информации, пространственно или временно несогласованных. Например, такой эффект наблюдается при изучении материалов, где видео сопровождаются подзаголовками; мультипликации имеют пояснительные тексты, которые меняются вместе с ней динамически; видео и мультипликация представлены рядом и демонстрируются одновременно и т.д. Если оба источника данных важны для понимания и если материалы имеют относительно высокий уровень сложности – ученик испытывает эффект разделения внимания.

Изучение (например, химических явлений или технологических процессов) с применением статической визуализации требует значительных познавательных усилий, чтобы ученики мысленно представляли временные изменения. Основным плюсом мультипликации (видео) является возможность представления визуально-пространственных свойств явлений явно, облегчая восприятие данных человеком. Однако и при просмотре динамических изображений возникают сложности, поскольку ученики должны обработать данные, видимые в настоящее время, при этом помнить ранее показанные сведения, понять связь между ними и объединить их.

Все это может вызвать эффект разделения внимания. Статические визуализации такого недостатка не имеют, кроме того их можно многократно рассматривать повторно. Для динамической визуализации также возможно неоднократное воспроизведение, однако эффект разделения внимания повторяется при каждом просмотре. Как следствие возникают:

- Трудности, вызванные необходимостью сосредоточиться на самых релевантных частях мультипликации в условиях, когда выделяются несущественные детали;
- Ограничения, связанные с количеством времени, в течение которого исследуемый элемент находится на экране, и исчезает раньше, чем ученики успевают его идентифицировать. Быстротечность информации может подавлять познавательную деятельность;
- Чрезмерно пассивное восприятие данных, когда ученики не осуществляют познавательных действий, необходимых для более глубокого понимания.

Возможную неэффективность преподавания с применением мультипликации объясняют возникновением посторонней нагрузки, которая ухудшает, или вообще делает невозможным изучение. Развивая этот аргумент дальше, исследователи показывают, что наибольший положительный эффект наблюдается тогда, когда мультипликация изображает действия, присущие человеку. В таком случае данные воспринимаются легче, и ученик тратит меньше умственных усилий. По результатам метаанализа авторы [16] делают вывод, что наибольшая часть описанных в литературе динамических визуализаций изображает природные процессы (например, физические и химические явления). С их помощью рассматривают технические системы – функционирование гидравлического насоса, установки для дистилляции и т. п., или воспроизводят абстрактные процессы. Однако эффективность обучения с такими визуализациями оказывается гораздо меньшей, чем в случае демонстрации действий, связанных с человеческим движением (составление частей конструкций, например). По мнению ученых, это не означает, что динамическая визуализация должна быть ограничена демонстрацией людей, которые выполняют задачи. Она может включать компьютерную анимацию, где люди непосредственно не изображены, но движение, направленное на объект изучения, должно легко связываться с человеческими действиями. Для этого можно применить агента, который выполняет движение, или изобразить действие неявно, показывая его характерным передвижением объектов (закрепление лапки в штативе, сгибание фильтровальной бумаги).

При отсутствии достаточного количества данных в обучении химии, такие выводы можно считать гипотезой, которую следует проверять. Однако, опираясь на уже полученные результаты, можно сформулировать некоторые рекомендации для преподавания. Повысить эффективность изучения материала, представленного в виде динамических визуализаций, которые не изображают человеческое движение, можно, уменьшая постороннюю когнитивную нагрузку, которую вызывает быстрота показа мультипликации. Универсально это достигается предоставлением возможности изучения по шагам, сегментацией данных, использованием смысловых акцентов, изменением скорости демонстрации. Но результативность каждого из названных приемов нужно исследовать для конкретных тематических учебных материалов.

Можно сформулировать дополнительные принципы дизайна динамических моделей и мультипликации, а именно принцип: смысловых акцентов (меток) и цветового кодирования. В современной литературе метками или внешними сигналами (cues – англ. яз.) называют элементы дизайна ЭР, которые направляют внимание учащихся на важные аспекты учебного материала [9]. Метки применяются для уменьшения времени, необходимого человеку для нахождения ключевой информации в учебных материалах. А также, чтобы помочь учащимся структурировать информацию, идентифицировать данные определенного типа, сегментировать их и направлять внимание на наиболее уместные.

Различают звуковые (озвученный текст, просто звук или тон) и визуальные (выделение цветом, стрелкой, подсветкой, выдвижение на первый план и др.) метки. Описано исследование, результаты которого позволили улучшить понимание учебного потенциала применения внешних сигналов в мультипликации [6]. Были изучены три вида смысловых акцентов: а) метки выбора, которые привлекают внимание к определенному месту расположения учебных элементов; б) организационные метки, которые подчеркивают структуру; в) метки интеграции, объясняющие отношения между учебными элементами и в пределах каждого из элементов. Эффекты исследовали для представления внешних сигналов в следующих вариантах: а) изменение масштаба изображения или указательной стрелки; б) контрастная и визуальная уникальность элемента; в) динамический контраст показа, такой как непрерывная временная манипуляция; г) изменение скорости показа и размера изображения одновременно (например, замедление мультипликации, когда релевантные сообщения выдвигаются на первый план).

Авторы показали, что по сравнению с текстами и статическими изображениями внешние сигналы в мультипликации не показывают явно выраженных преимуществ. Организационные метки и метки интеграции при изучении динамического материала требуют большего количества познавательных действий учащихся, поэтому результаты обучения могут быть хуже, чем при использовании аналогичных меток для рисунков и фотографий. Внешние сигналы, предназначенные для облегчения обработки данных, могут терять свой учебный потенциал. Например, добавление стрелки, которая перемещается, показывая направление движения, является полезным для статической визуализации. В мультипликации же подвижная стрелка воспринимается как еще один элемент динамического изображения, который нужно интегрировать с другими, что может мешать процессу обучения, повышая нагрузку. Привлечение внимания в таких условиях лучше осуществляется с помощью динамического контраста (замедление, изменение направления движения и т.д.).

При изучении химического материала ученикам иногда приходится разделять или объединять различные части динамических данных в мультипликации (например, явления на макроуровне могут состоять из событий на микроуровне). Тогда идентификация взаимосвязанных элементов становится для них достаточно трудной задачей. Для облегчения структурирования элементов используются такие приемы:

- Для определения элементов, которые формируют единство, их закрашивают одним цветом (так называемое «цветовое кодирование»);
- Скорость воспроизведения мультипликации используется как акцент для подчеркивания уровня организационной иерархии понятий. На более высоких скоростях существенной является макроинформация, на низких – более заметными становятся микрособытия. Многократное воспроизведение мультипликации на разных скоростях помогает понять ученикам различные уровни целой динамической структуры.

Как недостатки применения меток можно назвать возможность возникновения: отвлечения, неопределенности, сложности интеграции учебных элементов и т. д. Отвлечение происходит, когда человек уделяет больше внимания одной информации в ущерб другой. Другое осложнение – смысловая неопределенность использованного цвета. Преимущество цветного выделения становится значительным, когда цвет имеет определенную связь с данными. Если цвет только частично коррелирует с контентом, пользователь

не может использовать его в качестве уникального критерия выбора для принятия решений, и цвет не имеет преимуществ перед ароматическими атрибутами. Цветная маркировка может стать даже недостатком меток с когнитивной точки зрения. Люди создают умственную модель, в которой цвета связаны с определенными категориями данных. Когда применяют несколько наборов цветных маркировок, когнитивная нагрузка пользователей значительно возрастает из-за необходимости переключения между схемами кодирования. Кроме того, множественные цветовые схемы часто приводят к ситуации, когда один и тот же цвет приобретает несколько значений, или различные цвета обозначают одинаковый смысл. Для эффективной работы с ЭР необходимо подготовить учеников так, чтобы они четко определили для себя назначение цветов. Желательно также применять постоянную систему цветового кодирования, которая бы отвечала специфике науки (в химии это, например, общепринятая схема обозначения цветами атомов элементов в шаростержневых моделях, которая также используется в программах для квантово-химических расчетов, визуализации структур молекул и др.).

На эффективность использования меток может сильно влиять уровень предварительной подготовки учеников. Например, направление внимания новичков на существенные части мультипликации компенсирует недостаток у них готовых схем и освобождает познавательные ресурсы для релевантных действий. Однако когда уровень знаний учащихся растет, и они приобретают способность самостоятельно выделять соответствующие части мультипликации, визуальные реплики становятся чрезмерными. Ученики не могут их проигнорировать, это вызывает дополнительную нагрузку и снижает эффективность обучения. Такой результат широко описан в литературе и называется «эффектом аннулирования экспертизы» (в переводе с англ. яз.) [2; 6]. В общем виде эффект связывают с тем, что с увеличением количества знаний учеников некоторые элементы управления учебным мультимедийным материалом становятся избыточными и снижают эффективность работы. Особенно эффект проявляется, когда ученики не могут проигнорировать или как-то иначе избежать обработки избыточных объяснений.

В. Шноц приводит доказательства того, что при изучении материала, представленного по-разному (графически или символично), когнитивная нагрузка учеников частично зависит от уровня их предыдущих знаний [10; 11]. Это надо учитывать, выбирая форму визуального представления. Интерпретация символических данных требует наличия большего количества предварительных знаний.

Графические изображения могут распознаваться интуитивно. Поэтому их лучше воспринимают ученики, имеющие низкие знания. С ростом знаний интерпретация символов становится автоматизированной, поэтому в дальнейшем можно передавать учебные данные с их помощью. На рис. 26 приведен пример представления в ЭР модели для изучения темы «Газовые законы», где параметры опыта показаны графически (температура и давление представлены ассоциативно – в виде огня и гири, рис. 26 *а*) или в виде символов (рис. 26 *б*).

Важным элементом дизайна ЭР является предусмотренная разработчиками возможность интерактивного изучения по шагам динамической визуализации. Результаты многих экспериментов подтвердили улучшение обучения в таких условиях. С использованием метода вторичной задачи экспериментально установлено, что общая когнитивная нагрузка учеников в момент просмотра видео демонстраций опытов со взрывом, яркой вспышкой или свечением, вырастает в несколько раз. На некоторое время ученики теряют способность выполнять поставленные перед ними учебные задания. Средства для работы по шагам, остановки и повтора показа помогают учителю организовать просмотр визуализаций, содержащих отвлекающие фрагменты, так, чтобы избежать нежелательных эффектов.

При самостоятельной работе учеников с ЭР полезным оказывается использование педагогических агентов, которые могут облегчить организацию и интеграцию материалов учениками, обеспечивая объяснительную обратную связь при их выборе [7]. Обучающиеся не ищут вероятного объяснения правильности или неправильности своих действий, что позволяет им тратить больше усилий на

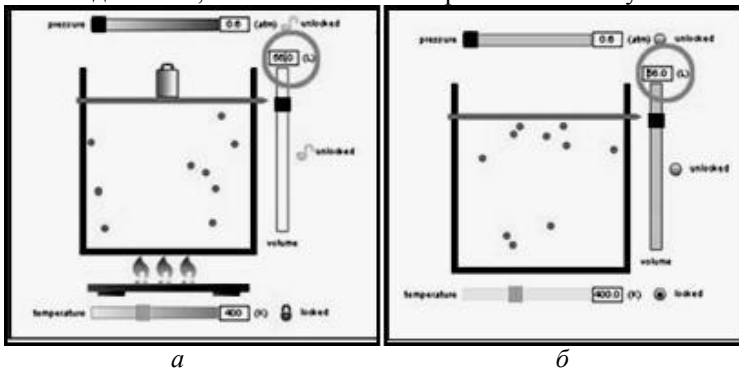


Рис. 26. Пример модели для изучения темы «Газовые законы», где параметры показаны: *а*) ассоциативно; *б*) в виде символов

построение схем знаний, и, впоследствии, приводит к лучшему изучению. В среде с минимальной обратной связью (когда фиксируется только правильность ответа) ученики должны сами выбрать, организовать и объединить разнообразные сведения. Если они испытывают недостаток предварительных знаний, такая деятельность очень сильно повышает когнитивную нагрузку.

Сформулированные в виде эмпирических принципов рекомендации разработки мультимедийных учебных средств для самостоятельной работы учеников коротко изложены в табл. 17.

Таблица 17

ПРИНЦИПЫ ДИЗАЙНА МУЛЬТИМЕДИЙНЫХ УЧЕБНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ УЧЕНИКОВ

Принцип	Ученики учатся лучше, если:
Управляемой деятельности	они могут взаимодействовать с педагогическим агентом
Обдумывания	их просят подумать над верными ответами (или подвергнуть сомнению) в процессе выполнения задания
Обратной связи	они имеют пояснительную обратную связь
Управления темпом	они могут управлять темпом подачи учебных материалов
Предварительного обучения	осуществляется специальное предварительное обучение, которое активизирует соответствующие знания

В качестве выводов из анализа данных научной литературы можно сформулировать несколько общих приемов снижения когнитивной нагрузки для обучения химии с применением динамических визуализаций. Они приведены в табл. 18.

Таблица 18

ПРИЕМЫ, КОТОРЫЕ ИСПОЛЬЗУЮТСЯ ДЛЯ УМЕНЬШЕНИЯ КОГНИТИВНОЙ НАГРУЗКИ УЧЕНИКОВ ВО ВРЕМЯ РАБОТЫ С ДИНАМИЧЕСКИМИ ВИЗУАЛИЗАЦИЯМИ

Прием	Назначение	Примеры/ комментарии
Динамический контраст	Привлечение внимания	Замедление, изменение направления движения показа
Изменение масштаба элементов	Привлечение внимания	Увеличение изображения (лупа) или указательной стрелки
Изменение скорости показа и размера изображения одновременно	Привлечение внимания к определенному расположению учебных элементов	Замедление мультипликации, когда релевантные сообщения выдвигаются на первый план

Окончание табл. 18

Прием	Назначение	Примеры/ комментарии
Изменение скорости проигрывания	Акцент для подчеркивания уровня организационной иерархии понятий	Демонстрация макро события, состоящего из микро событий, с разной скоростью
Кодирование цветом	Идентификация взаимосвязанных элементов	Обозначение элементов, которые формируют единство, на разных изображениях
Размещение рядом объектов, имеющих связь	Облегчение понимания отношений между учебными элементами	Размещение инструкций, пояснений рядом с объектами, к которым они относятся
Управление деятельностью	Поддержка внутренней обработки, побуждение учеников участвовать в выборе, организации и интеграции новых данных	Взаимодействие с педагогическим агентом, который помогает управлять когнитивной обработкой
Управление темпом	Уменьшение объема знаний, который надо усвоить, путем предоставления возможности обрабатывать меньшие блоки данных	Элементы управления для обеспечения возможности изменения скорости воспроизведения
Интерактивное изучение по шагам	Управление организацией учебной среды. Улучшение обучения происходит из-за увеличения релевантной нагрузки, мотивационных факторов побуждения к учению	Элементы управления для обеспечения возможности вернуться, остановить и повторить показ
Пояснительная обратная связь	Снижение посторонней нагрузки. Предоставление учащимся схем для исправления неверно сложившихся представлений	Получение комментария с объяснением ошибки после неверного ответа
Предварительное обучение	Контроль релевантной обработки учащих за счет показа того, какие именно аспекты предварительных знаний интегрируются с текущими данными	Осуществление специального предварительного обучения для активизирования необходимых знаний

Улучшению понимания учеников способствует возможность удаления лишнего и акцентирование внимания на определенной информации, которую предоставляют некоторые ИКТ. Например, в программе GENCHEM можно посмотреть пропорции веществ реакционной смеси в виде графической диаграммы, сосредоточивая внимание учеников на математическом аспекте соотношения реактивов. Повысить эффективность обучения при выполнении сложных задач можно за счет применения вычислительных объектов, которые упрощают алгоритмические процедуры (калькулятор мо-

лярной массы и др.) и различных интерактивных информационных объектов (периодическая таблица).

Можно назвать не так много программных продуктов, в которых предусмотрены средства, позволяющие преподавателям гибко менять методику работы с материалом, чтобы предотвращать повышение когнитивной нагрузки учащихся. Например, программа SMV: Chem предназначена для показа экспериментов, иллюстрирующих ключевые положения химии с помощью анимации в молекулярном масштабе, графиков, моделей и уравнений. Она может применяться как преподавателем в классе во время лекции, так и учениками вне класса (для выполнения домашнего задания, упражнений). Разработчики предусмотрели наличие четырех четырех окон (рис. 27) для показа:

- видеофрагмента реального опыта;
- анимации процесса на микроуровне в виде взаимодействия молекул и атомов;
- описания эксперимента в виде текста и символического;
- графического изображения (диаграммы либо графика), отражающего количественные изменения в системе.

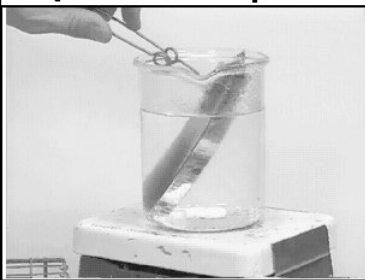
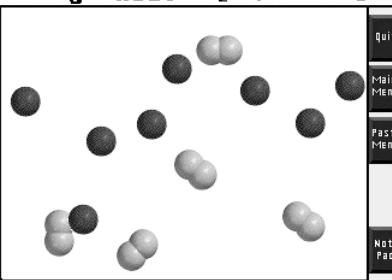
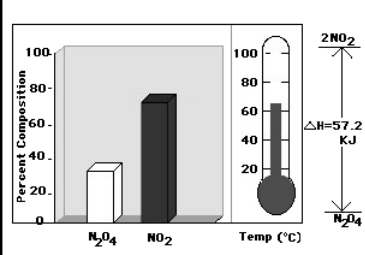
Qualitative Temperature Change-Heat - $\text{N}_2\text{O}_4 \rightleftharpoons 2\text{NO}_2$							
							
 <p>Percent Composition</p> <table border="1"> <tr> <th>Species</th> <th>Percent Composition</th> </tr> <tr> <td>N_2O_4</td> <td>~35%</td> </tr> <tr> <td>NO_2</td> <td>~75%</td> </tr> </table> <p>Temp (°C)</p> <p>$\Delta H = 57.2 \text{ KJ}$</p>	Species	Percent Composition	N_2O_4	~35%	NO_2	~75%	<p>LeChatelier's Principle (Temperature)</p> <p>If a system at equilibrium is disturbed by a change in temperature, the system shifts its equilibrium position so as to counteract the effect of the temperature change.</p> $\text{N}_2\text{O}_4 \rightleftharpoons 2\text{NO}_2$ $\Delta H = 57.2 \text{ KJ}$ <p>Energy absorbed by N_2O_4 from the hot water bath breaks N-N bonds and gives higher energy NO_2.</p>
Species	Percent Composition						
N_2O_4	~35%						
NO_2	~75%						

Рис. 27. Скриншот рабочего окна программы SMV: Chem для изучения принципа Ле-Шателье

На рис. 27 в левом нижнем окне показана диаграмма, которая динамично отражает увеличение парциального давления диоксида азота при увеличении температуры. Каждое из четырех окон может быть независимо активированным. Пользователи могут просматривать одно окно или любую комбинацию из них. Предусмотрено прослушивание аудиотрека с описанием эксперимента. Есть отдельные звуковые дорожки для трех других окон, которые могут активироваться, когда окно рассматривается отдельно. Справа находится панель инструментов для навигации и управления окнами.

При таком подходе, преподаватель получает возможность применять множество учебных приемов для объяснения и закрепления материала. Ученики могут получить различные задания. Например: объяснить, что будет показано на анимации, которую не видно при демонстрации видеофрагмента; рассказать, какие свойства химического равновесия правильно или неправильно отображает анимация; как принцип Ле-Шателье можно использовать для объяснения наблюдаемых явлений и изображенных изменений в составе смеси; предусмотреть изменения в окне динамического графика и т.д.

Исследования, осуществленные Дж. Расселом и др. за время использования программы (2004-2012 г.г.), подтверждают, что применение SMV: Chem дает возможность значительно улучшить успеваемость учеников. Однако для этого они должны не только прослушивать лекции, изложенные с помощью SMV: Chem демонстраций, но и регулярно использовать программное обеспечение для выполнения домашних заданий. Интересными оказались сравнительные данные успешности усвоения темы для групп учеников, которые использовали только одно из окон программного обеспечения, и группы, которая работала со всеми окнами одновременно. Каждая группа использовала звуковое сопровождение для правильного восприятия визуальной информации окна. Для группы, которая работала со всеми окнами, аудиальный рассказ помогал скоординировать функции всех представлений. Результаты были такими:

- Группа, которая изучала только анимацию, правильно сделала больше задач, связанных с динамичным характером газовой фазы;
- Группа, работавшая с окном графика, показала высокий результат, выполняя задания для определения относительного давления газов;
- Ученики группы, которые изучали три информационных окна одновременно, и группы, которая смотрела только видеодемонстрацию, не опередили других ни по одному

пункту. Авторы исследования сделали вывод, что видео не предоставляет ученикам информацию, необходимую для понимания концепции равновесия. А использование многочисленных видов подачи учебного материала превышает возможности учеников для их одновременной обработки. Все эти выводы хорошо согласуются с современными представлениями о мультимедийном обучении.

Серьезной проблемой в изучении химии является неспособность многих учеников мысленно создавать связи между различными уровнями представления химических знаний – микроскопическим, макроскопическим и символьным. Еще одна проблема – слабое умение учеников решать задачи, представленные в графическом виде, по сравнению с другими видами заданий (концептуальным, алгоритмическим). Внедрение ИКТ в образовательную практику открывает новые возможности для решения упомянутых выше проблем. Одной из эффективных технологий для таких целей является компьютерное моделирование. В частности, среда программирования NetLogo, созданная в конце 1990-х годов, позволяет моделировать развивающиеся во времени явления, происходящие в природе.

Создатель или пользователь такой модели может управлять сотнями или тысячами независимых «агентов» (например, атомов или молекул), действующих одновременно и параллельно. Это открывает возможность для объяснения и понимания связей между поведением отдельных микроскопических объектов и явлениями, которые происходят на макроуровне. На сайте проекта приводятся и доступны к свободному использованию десятки разработанных моделей по биологии, математике, химии, социологии [5]. Здесь же можно скачать последнюю версию языка.

В среде NetLogo ученики участвуют в проектировании теоретических моделей, вносят небольшие изменения в вычислительный код, который лежит в их основе, оценивают и сами создают математические модели, делают предположения для критического анализа моделирования, прогнозируют и проверяют результаты изменения модели и т.д. Среда моделирования NetLogo позволяет визуализировать и осуществлять двунаправленные переходы, которые соединяют макроскопический уровень представления химических знаний (явления материального мира) с микроскопическим (атомно-молекулярный мир, включая представления о строении атома) и символьным (аппарат математических методов и символьное описание химических процессов). Такой подход обеспечивает переход от оперирования глобальными, недифференцированными образами

химической реальности к применению при рассуждениях все более разделенных на части ее элементов, свойств и отношений.

С использованием языка NetLogo создан целый ряд моделей, относящихся к различным разделам химии и объединенных в курс, названный «Connected Chemistry» [3; 7; 13]. Готовые модели, содержащиеся в курсе, были использованы автором для преподавания темы «Газовые законы» (рис. 28). Апробации предшествовало предварительное обучение учеников работе с программной средой, во время которого они ознакомились с функциями элементов управления программой и несколькими моделями, получили подробные пошаговые инструкции. Домашние задания предполагали изменение учениками какого-то параметра компьютерной модели, и запись результата по графику на экране. Ученики строили зависимости, меняя число частиц, температуру, объем и т.д., и самостоятельно выводили математические закономерности. Получив свои уравнения, затем использовали их для прогнозирования. Из зависимостей, полученных эмпирически, они выводили уравнение состояния идеального газа уже в принятом наукой виде. Некоторые

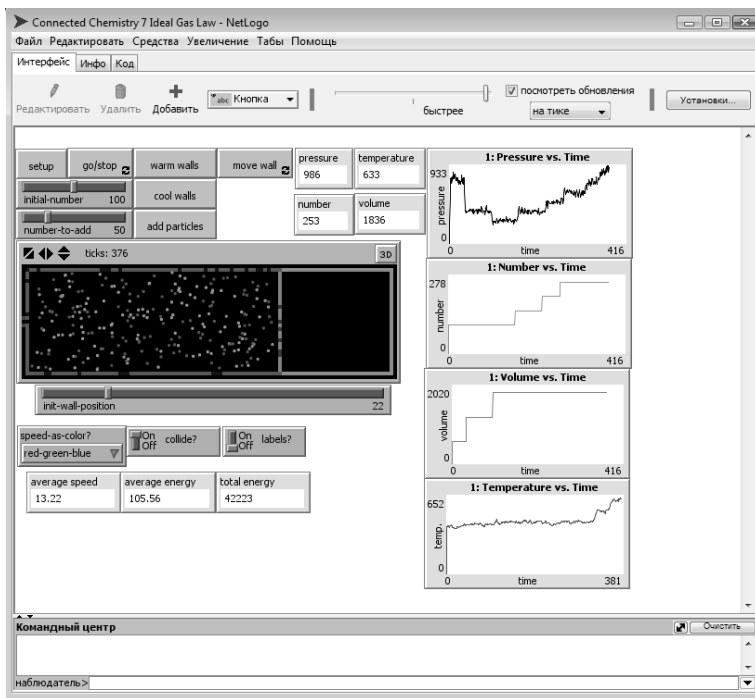


Рис. 28. Скриншот экрана модели NetLogo

вопросы заданий требовали от учеников элементов логических рассуждений.

Результаты апробации методики показали, что использование компьютерного моделирования в среде NetLogo в процессе самостоятельной работы учеников обеспечило устойчивое улучшение уровня химических знаний. Полученный эффект слабо зависел от уровня подготовки и был немного более явно выражен для учеников со слабой и средней успеваемостью. Применение компьютерного моделирования помогло скорректировать некоторые устоявшиеся неправильные понятия и существенно улучшило навыки работы учеников с графической информацией.

С учетом собственных экспериментальных результатов и данных проанализированной научной литературы сформулированы некоторые методические рекомендации для организации более эффективного обучения химии с использованием компьютерного моделирования.

При выборе методики работы необходимо учитывать уровень предварительных знаний учеников. Для учеников с высоким уровнем предварительных знаний целесообразно использовать системы открытого моделирования, без избыточного инструктирования. Для учеников с низкими знаниями, наоборот, необходима поддержка действий, поскольку системы открытого моделирования вызывают у них большую нагрузку. Им лучше иметь возможность перейти к линейному моделированию, работать в самостоятельно заданном темпе, а также применять голосовую поддержку за кадром.

Моделирование может способствовать коммуникации и сотрудничеству среди членов группы. Программы для моделирования позволяют ученикам осуществлять действия с моделями повторно и приходиться к общему решению после размышлений над идеями, выдвинутыми в групповых обсуждениях. Компьютерное моделирование помогает принимать совместные решения и строить общие концептуальные структуры вопроса. В контексте обучения, взаимодействие с членами группы может быть выгодным для учеников, которым не хватает предварительных знаний или навыков решения проблем. Результаты исследований подтверждают большую эффективность работы учеников с химическими моделями групповым методом, когда хотя бы один член малой группы имеет более глубокие знания.

Для понимания сложных процессов лучше предлагать ученикам поработать с несколькими вариантами моделей, которые будто раскладывают развитие явления на более простые части. При этом следует ориентироваться на уже существующие, сформированные у

учеников образы. Эффективна такая методика работы с моделями, которая предусматривает сначала исследование молекулярного взаимодействия с минимальным количеством компонентов системы (например, движение частицы в определенном объеме), а затем – постепенное усложнение и / или исследование составляющих системы. Полезным приемом является визуализация с цветным выделением для отражения изменения какой-либо характеристики (например, скорости частицы).

Для повышения эффективности обучения целесообразно использовать возможности изменения временных характеристик динамических изображений. Используя моделирование можно ускорить развитие событий по сравнению с реальными процессами, благодаря чему максимально эффективно использовать учебное время.

В педагогической деятельности рассмотренные принципы должны реализовываться не как неизменные предписания, которые выполняются во всех ситуациях, а как ориентиры для разработки и проверки технологий. Их понимание позволяет преподавателям сознательно и эффективно использовать возможности информационных технологий и адаптировать электронные ресурсы для разных групп учеников с учетом педагогических, физиологических и психологических факторов.