

ИЗУЧЕНИЕ СКОРОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ПОНЯТИЙ НА УРОКАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ

Савельев И.И.¹, Гавронская Ю.Ю.¹, Курушкин М.В.²

¹ФГБОУ ВО «Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена», Санкт-Петербург, e-mail: igor-94@list.ru, gavronskaya@yandex.ru;

²Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО», Санкт-Петербург, e-mail: kurushkin@scamt-itmo.ru

Изучено формирование химических понятий школьниками при изучении темы «Изотопы». Предложен количественный критерий, характеризующий формирование понятий во времени на основе числа усвоенных семантических единиц информации и связей в семантической сети, отображающих связи между терминами и дефинициями заданной темы, раздела, урока. Предложенный подход рассмотрен на примере урока школьного курса химии в 8 классе, где происходит формирование нового понятия «изотопы». Проведен пилотный эксперимент по изучению скорости формирования понятия «изотопы» в рамках уроков по ФГОС без использования средств виртуальной реальности, с использованием виртуальной реальности только на этапе поиска решения проблемы и при изучении нового материала с использованием виртуальной реальности на этапах: актуализации знаний, постановки проблемы, поиска вариантов решения проблемы, формирования вывода. Обнаружено, что использование виртуальной реальности только на этапе поиска решения проблемы практически не повлияло на скорость формирования понятия «изотопы». Показана принципиальная возможность измерения скорости формирования понятий в обучении химии на основе анализа усвоения семантических информационных единиц и сформированности связей в семантической сети за определенный промежуток времени.

Ключевые слова: формирование понятий, обучение химии, виртуальная реальность, семантические сети, семантические информационные единицы.

STUDY OF THE FORMATION OF CHEMICAL CONCEPTS FORMATION IN LESSONS USING VIRTUAL REALITY

Savelev I.I.¹, Gavronskaya Yu.Yu.¹, Kurushkin M.V.²

¹Herzen State Pedagogical University of Russia, St. Petersburg, e-mail: igor-94@list.ru, gavronskaya@yandex.ru;

²ITMO University, St. Petersburg, e-mail: kurushkin@scamt-itmo.ru

Studied the formation of chemical concepts by schoolchildren in the study of the topic "Isotopes". A quantitative criterion is proposed that characterizes the formation of concepts in time based on the number of learned semantic units of information and links in the semantic network, displaying the connections between terms and definitions of a given topic, section, lesson. The proposed approach is considered as an example of a lesson in a school chemistry course in grade 8, where a new concept of isotopes is being formed. A pilot experiment was conducted to study the rate of formation of the concept of isotopes in the framework of lessons on the FGOS without using virtual reality, using virtual reality only at the stage of finding a solution to the problem, and when studying new material using virtual reality at the stages of updating knowledge, stating the problem, finding options of solving a problem, forming a conclusion. It was found that the use of virtual reality only at the stage of finding a solution to the problem had practically no effect on the rate of formation of the concept of "isotopes". The fundamental possibility of measuring the speed of formation of concepts in chemistry education based on the analysis of the assimilation of semantic information units and the formation of relationships in the semantic network for a certain period of time is shown.

Keywords: formation of concepts, chemistry education, virtual reality, semantic networks, semantic information units.

Обучение любому предмету и дисциплине в целом требует отображения в мышлении обучающегося «единства существенных свойств, связей и отношений предметов или явлений между собой по общим и специфическим для них признакам» [1]. Если такие отношения сформированы, то можно сказать, что учащийся освоил определенное понятие из изучаемого

раздела науки. Формирование химических понятий является важной частью процесса обучения химии. Процесс формирования химических понятий, а также систем понятий описан в ряде работ [2; 3]. А.В. Усовой [4] предложены количественные критерии качества усвоения понятий на конкретном этапе формирования понятия: полнота усвоения содержания, основанная на числе признаков, полнота усвоения количества связей, полнота усвоения объема понятия. Однако на сегодняшний день в анализируемой литературе формирование понятий во времени не рассматривалось.

Целью исследования стало обоснование нового количественного критерия формирования понятий - скорости формирования понятий, разработка и апробация методического инструментария для измерения скорости формирования химических понятий.

Материал и методы исследования

В широком смысле скорость - это изменение значения зависимой переменной во времени. Тогда при рассмотрении скорости формирования понятия следует отталкиваться от известной формулы: $v = \frac{x}{t}$, где в числителе находится изменение показателя сформированности понятия, а в знаменателе – время. Обе величины изменяются в пределах от начала формирования до момента сформированности понятия в соответствии с этапом обучения.

В работе [5] описано поле информации, которое связывает между собой реальные объекты, явления и отражения внешней среды. В этом поле существуют подполя, одно из которых авторы относят к полям понятий, «представленные группировкой слов по близости значений, которые покрывают определенную тематическую или предметную область. Особенность этих полей – дискретность или "разрывность". Поля понятий включают в себя информационные сущности (подполя) терминов и связанные с ними подполя дефиниций» [5].

В теории информации смысловое содержание информации представляют в виде системы, где элементы информационного поля выступают как информационные единицы. Отмечают [5; 6], что информационные единицы могут выполнять разную функцию, выступая как носители информации в процессах хранения или переноса, и семантические информационные единицы, выступая как носители содержания. Отличием информационной семантической системы является логический уровень описания информации, то есть наличие определенных отношений (связей) между единицами. Таким образом, можно составить информационную модель (семантическую сеть) тематической области, которая будет иметь вид ориентированного графа, вершины которого соответствуют терминам и дефинициям заданной темы, раздела, урока, а дуги (рёбра) задают отношения между ними.

В первом приближении показатель сформированности понятия (X) можно выразить как нормативно заданную сумму усвоенных обучающимся терминов, дефиниций и семантических связей между ними:

$$x = \sum \text{терминов} + \sum \text{дефиниций} + \sum \text{связей в семантической сети} \quad (1)$$

Применительно к образованию [7; 8] рассматриваются дидактические информационные образовательные единицы. Следует отметить, что при разных методах обучения: традиционном, информационном, виртуальном, дистанционном – применяются дидактические информационные образовательные единицы как элементы передачи знания, построенные на семантических информационных единицах. Анализ и изучение этих единиц актуальны и особенно важны в дистанционном и виртуальном образовании, в котором они являются элементами и основой передачи знаний и обучения. От правильного учета и использования этих единиц зависит процесс образования и качество образования [3; 9].

Таким образом, сумму терминов и сумму дефиниций можно объединить в более крупное понятие - сумма семантических информационных единиц. Тогда показатель сформированности понятия (X) ученика можно представить как сумму семантических информационных единиц (СИЕ) и связей в семантической сети (ССС) в определенной для данного этапа обучения информационной семантической системе:

$$X = \sum_{i=1}^n n(\text{СИЕ})_i + \sum_{j=1}^m m(\text{ССС})_j \quad (2)$$

Количество усвоенных обучающимся семантических информационных единиц (терминов и дефиниций в рамках поля понятия) и семантических связей подлежит измерению через задания, требующие выделения существенных и несущественных признаков, применения данного понятия в различных контекстах.

Таким образом, скорость формирования понятий ($v_{\text{фп}}$) можно определить как сумму семантических информационных единиц и связей между ними в семантической сети, усвоенных за единицу времени:

$$v_{\text{фп}} = \frac{\sum_{i=1}^n n(\text{СИЕ})_i + \sum_{j=1}^m m(\text{ССС})_j}{\tau} \quad (3)$$

Результаты исследования и их обсуждение

Предложенный подход был апробирован в рамках уроков химии в 8 классе общеобразовательного учреждения. Поскольку речь идет о формировании нового понятия, в число испытуемых вошли учащиеся, полностью усвоившие информацию, которая предшествовала формированию понятия «изотопы». Отбор производился по результатам теста с открытыми вариантами ответов, так, чтобы на проведение эксперимента не влияли недостающий объем знаний или непонимание ранее изученного материала. В результате было отобрано три группы испытуемых, достоверность сходства между которыми доказана статистически с использованием критериев Крамера - Уэлча и Вилкоксона - Манна - Уитни.

В соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом современный урок (урок по ФГОС) [10; 11] включает несколько основных этапов, из которых для исследования использовались следующие: мотивационный, актуализации знаний, постановки проблемы, поиска вариантов решения проблемы, формирования вывода. По мере их прохождения ученик получает все необходимые сведения, которые включают новые семантические единицы информации, а также формирует логические связи между ними (связи в семантической цепи). Этапы коррекции, самостоятельной работы, систематизации знаний, пояснения домашнего задания, оценивания и рефлексии являются важными, но не ключевыми в формировании понятия.

Для пилотного исследования в группах были проведены указанные фрагменты урока по теме «Изотопы»: в группе 1 - без использования средств виртуальной реальности (VR), в группе 2 - с использованием VR только на этапе поиска решения проблемы, в группе 3 - с использованием VR на этапах: актуализации знаний, постановки проблемы, поиска вариантов решения проблемы, формирования вывода. Применение виртуальной реальности в обучении – один из актуальных трендов в образовании [12], в том числе при изучении предметов естественно-научного цикла [13]. Использование VR как фрагмента урока связано с рекомендуемым ограничением времени нахождения школьников в виртуальной среде [14]. В качестве программного обеспечения использовалась визуализация в виртуальной реальности «MEL Chemistry VR lessons» от MEL Chemistry VR и гарнитура Oculus GO. Шлем Oculus GO – это полностью автономная VR-гарнитура, имеющая форму очков и позволяющая погрузиться в виртуальное пространство, работая с ним с помощью пульта-контроллера. Благодаря использованию системы VR время эксперимента для третьей группы удалось сократить до 16 минут вместо 20 минут, которые затрачены в первой и второй группах.

Уроки по ФГОС без использования средств виртуальной реальности и с использованием виртуальной реальности только на этапе поиска решения проблемы ранее описаны нами в [15]. Фрагмент урока, предложенный экспериментальным группам 1, 2,

отличался от описанного в [15] акцептированием формируемых семантических единиц и связей между ними.

На этапе актуализации знаний учащийся вспоминает понятия, усвоенные ранее. Так, ученики вспомнили: из чего состоит атом, какие у этих частиц характеристики (заряд и масса) и какую информацию хранит в себе таблица Д.И. Менделеева, то есть актуализировали определенный набор семантических информационных единиц (рис. 1).

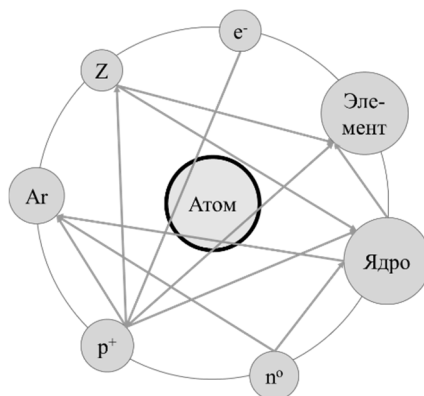


Рис. 1. Понятие «атом» (информационная семантическая система)

Этап постановки проблемы заставляет ученика использовать уже имеющиеся семантические связи для поиска путей формирования нового понятия. Для этого этапа необходимо точное понимание всех терминов и дефиниций: протон, нейтрон, относительная атомная масса, ядро, заряд ядра. Однако у учеников остается неразрешенным ряд вопросов: почему приведенные в периодической таблице атомные массы не соответствуют целочисленным значениям? Почему существует исключение из правил для атома хлора (35,5)? Таким образом, на следующем шаге должно произойти образование новых семантических связей между информационными единицами.

На этапе поиска вариантов решения проблемы учащиеся с помощью логических рассуждений при поддержке учителя (группа 1) или действий с изучаемыми объектами в среде VR (группа 2) должны понять, как по-новому связать между собой известные семантические единицы для формирования нового понятия. Решение связано с анализом таких семантических единиц информации, как электроны, нейтроны и протоны, и связей в семантической сети с понятием атом. В VR ученик совершает путешествие внутрь атома с рассмотрением электронов и ядра, протонов и нейтронов, а затем переносится внутрь кристалла хлорида натрия и выполняет задания по выбору из узлов кристаллической решетки ионов хлора с разной атомной массой (35 и 37), их неравное соотношение позволяет вычислить среднее значение 35,5. Сформированные семантические связи между единицами информации должны натолкнуть на предположение, что идентификационным признаком химического элемента является заряд ядра, определяемый числом протонов, при этом число нейтронов и, как следствие, массовое число может быть разным (рис. 2).

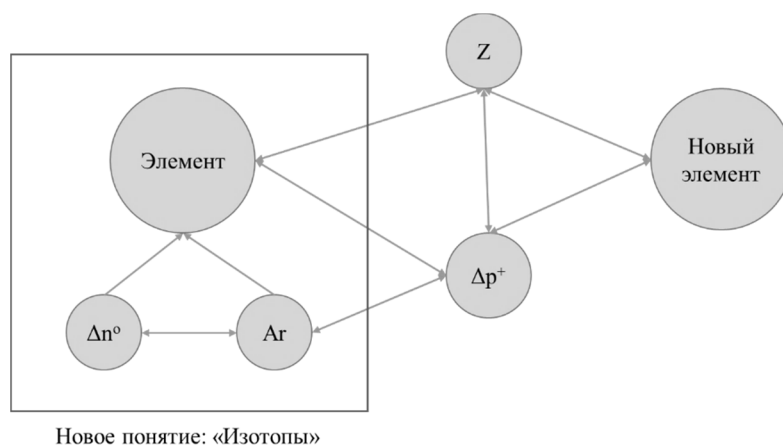


Рис. 2. Формирование понятия путем образования новых семантических связей

Далее на подготовленную сеть остается лишь наложить новое понятие – изотопы. Последующий этап проведет проверку целостности образовавшейся сети и тем самым закрепит новое понятие в сознании обучающихся.

В третьей группе актуализация знаний о строении атома происходила в виртуальной среде, где ученик в том числе мог свободно оперировать нуклонами (протонами и нейтронами) и электронами, «собирая» атомы различных элементов. Постановка проблемы в этом случае вытекала из виртуального путешествия по кристаллической структуре хлорида натрия, где выбираемые учеником ионы хлора имели разную относительную массу, и это различие необходимо было объяснить. Предположение может быть проверено виртуальным моделированием двух разных атомов хлора с одинаковым числом протонов, но разным числом нейтронов. В виртуальном пространстве ученику предлагается собрать из частиц (электронов, протонов, нейтронов) сначала ядро атома, а затем дополнить его электронными слоями. Само ядро формируется в реальном времени прибавлением протонов и нейтронов, а с добавлением электронов отражаются соответствующие электронные орбитали, при этом постоянно обновляются данные о строении атома и относительной атомной массе элемента. Построив два атома элемента хлора 35 и 37 с разным числом нейтронов, ученик сразу обнаруживает, что ядро увеличилось, а масса стала на две единицы больше. Для формирования вывода необходимо введение термина «изотопы».

После прохождения экспериментальных фрагментов уроков всем учащимся было предложено задание на проверку усвоения новой семантической информационной единицы изотопы и проверку сформированности семантических связей (изотопы - массовое число, изотопы - протоны, изотопы - нейтроны, изотопы - элемент, изотопы - вещество). Задания требовали знания терминов и определений, существенных признаков понятия, понимания связей. Каждый правильный ответ оценивался в один балл.

Примеры заданий:

Задания, проверяющее усвоения СИЕ изотопы

- а) Дайте определение термину изотопы.
 б) Какая из приведенных пар является парой изотопов: ^{12}C и ^{14}N , Na^+ и Na^0 , ^{15}O и ^{16}O , F^- и Na^+
 в) Для изотопов калия (^{39}K и ^{40}K) напишите соответствующие катионы.

Задание, проверяющее сформированность ССС изотопы - элемент

Изотопами являются:

- 1) атомы разных химических элементов с одинаковым массовым числом
- 2) атомы одного и того же элемента с разным массовым числом
- 3) атомы одного и того же элемента с одинаковым массовым числом

Задание, проверяющее сформированность ССС изотопы - нейтроны

У изотопов ^{14}C и ^{13}C

- 1) одинаковое число протонов
- 2) одинаковое число нейтронов
- 3) одинаковое число электронов
- 4) одинаковое массовое число

Задание, проверяющее сформированность ССС изотопы - вещество

Могут ли изотопы входить в состав сложного вещества?

Полученные результаты (рис. 3) демонстрируют статистически незначимое различие в результатах усвоения СИЕ и сформированности ССС. Однако следует учитывать тот факт, что группа, изучающая урок только посредством VR-технологии, потратила на занятие меньший объем времени.

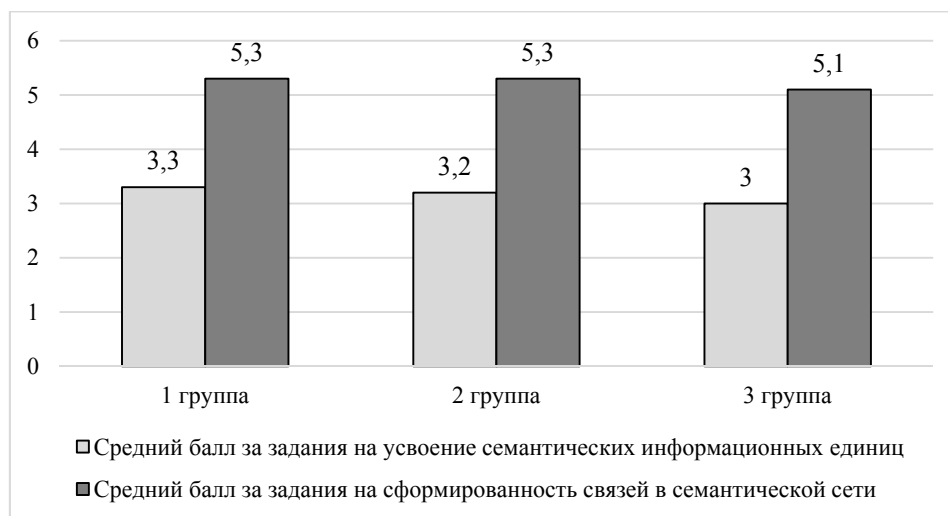


Рис. 3. Средние результаты по усвоению СИЕ и сформированности ССС

Скорость формирования понятий вычислялась по приведенному ранее уравнению (3), учитывающему усвоение СИЕ и сформированность ССС за определенный промежуток времени. Приведём пример: ученику А из первой группы после прослушивания материала за определенное время (20 минут) предлагается выполнить ряд заданий, примеры которого описаны выше. Затем данные результаты подвергаются обработке. Так, ученик А получил четыре балла из четырех возможных за задания на усвоение семантических информационных единиц и шесть баллов из шести возможных за задания на усвоение связей в семантической сети. По уравнению (3) находим скорость формирования понятий у ученика

А из первой группы: $v_{\text{фп}} = \frac{4+6}{20} = 0,5$. Далее идет анализ результатов для каждого ученика в соответствии с исследуемой группой, и находятся средние значения.

Средняя скорость формирования понятия (рис. 4) у учащихся первой и второй групп оказалась равной. При этом в третьей группе, в которой выделение существенных свойств для формирования понятия шло от частных свойств изотопов хлора в связи с другими взаимосвязанными понятиями посредством технологии VR, скорость формирования понятий оказалась выше более чем на 18%. Достоверность различия скорости формирования понятий «изотопы» между первой-второй и третьей группами доказана с использованием статистических критериев Крамера - Уэлча и Вилкоксона - Манна - Уитни.

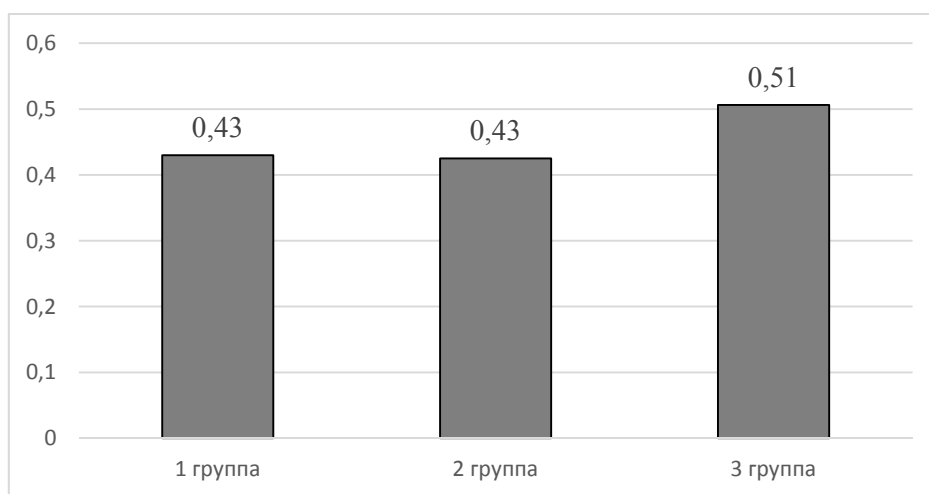


Рис. 4. Скорость формирования понятия «изотопы»

Заключение

Показана принципиальная возможность измерения скорости формирования понятий в обучении химии на основе анализа усвоения семантических информационных единиц и сформированности связей в семантической сети за определенный промежуток времени.

В пилотном эксперименте при изучении темы «Изотопы» учащимися 8 класса выявлено, что использование виртуальной реальности на одном из этапов урока вопреки ожиданиям не оказывает существенного влияния на скорость формирования понятий. При этом прохождение нескольких этапов урока в виртуальной реальности повышает скорость преимущественно за счёт сокращения времени, но без улучшения характеристик качества усвоения. Отметим, что участники эксперимента с использованием виртуальной реальности отметили, что это вносит новый опыт в процесс обучения, является наглядным, интерактивным и динамичным, постоянно поддерживая интерес к изучаемому материалу.

Список литературы

1. Маклаков А. Г. Мышление // Общая психология. СПб: Питер, 2001. 304 с.
2. Добротин Д.Ю. Формирование приемов познавательной деятельности учащихся при изучении понятия «вещество» // Химия в школе. 2004. №10. С.23-29.
3. Цветков В.Я. Применение дидактических информационных образовательных единиц // Современное дополнительное профессиональное педагогическое образование. 2015. №2. С. 22-31.
4. Усова А.В. Условия успешного формирования у учащихся научных понятий // Наука и школа. 2006. №. 4. С.57-59.
5. Кудж С.А., Цветков В.Я. Информационные образовательные единицы // Дистанционное и виртуальное обучение. 2014. №1(79). С. 24-31.
6. Novak, J.D. Learning, Creating, and Using Knowledge: Concept Maps as Facilitative Tools in Schools and Corporations. 2nd. Edition. Routledge, 2009. 336 p.
7. Аюшеева Н.Н., Диких А.Ю. Модель построения семантической сети научного текста // Современные наукоемкие технологии. 2018. № 6. С. 9-13.
8. Ожерельева Т.А. Об отношении понятий информационное пространство, информационное поле, информационная среда и семантическое окружение // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2014. № 10-2. С. 21-24.
9. Tsvetkov V.Ya. Semantic Information Units as L. Florodi's Ideas Development. European Researcher. 2012. V 25. № 7. P. 1036-1041.
10. Заграничная Н.А., Зубцова Е.С., Щедрина О.С. Урок химии в свете требований ФГОС // Химия в школе. 2019. № 6. С. 12-18.
11. Усольцев А.П., Антипова Е.П. О конструктах уроков по ФГОС // Образование и наука. 2017. Т. 19. №5. С. 55-71.
12. Гаркуша В.Н. Актуальные аспекты обучения в виртуальной реальности // Современное образование: содержание, технологии, качество. 2018. Т. 2. С. 271-274.
13. Чистяков Ф.Е., Суматохин С.В. Виртуальная реальность при обучении биологии // Биология в школе. 2018. №8. С.12 – 17.
14. Бахмудова А.Ш., Бахмудов А.Г. Виртуальная реальность в обучении иностранным языкам // Перспективы науки. 2019. № 4 (115). С. 188-190.
15. Гавронская Ю.Ю., Курушкин М.В., Савельев И.И. Средства виртуальной реальности при формировании понятия «изотопы» // Химия в школе. 2019. №10. С. 20-24.