© И.В. Павлова

DOI: http://doi.org/10.15350/2409-7616.2022.2.06

УДК 378.147

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К РАЗВИТИЮ НАУЧНОГО МЫШЛЕНИЯ ШКОЛЬНИКОВ КАК ОСНОВЫ ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНОЙ ГРАМОТНОСТИ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ХИМИИ

И.В. Павлова

Павлова Ирина Викторовна,
кандидат химических наук, доцент, Институт развития образования Республики Татарстан, Казань, Россия.
ORCID iD: 0000-0003-2015-0455
E-mail: ipavlova@list.ru

Аннотация. *Важность формирования научного мышления у школьников, в том числе на уроках химии, не вызывает сомнений. Необходимо разработать методические подходы, которые бы активизировали мышление обучающихся и характеризовались высокой степенью интерактивности, мотивации и эмоционального восприятия учебного процесса. Использование таких подходов позволит также развивать познавательную и творческую деятельность обучающихся, повышать результативность учебного процесса, формировать и оценивать формирующиеся компетенции. Именно поэтому в обучение школьников следует внедрять активные формы обучения для наиболее полного включения обучающихся в образовательный процесс и активизации процесса формирования качественных знаний. Когнитивный процесс интеграции вербальной и невербальной информации является частью процесса обучения в целом и особенно актуален для любой из естественнонаучных дисциплин. В химии он составляет ядро метакогнитивных процессов, необходимых для понимания концепции и применения ее к любой форме решения проблем. Таким образом, это влияет на изучение и преподавание как теоретической, так и экспериментальной химии. В статье предпринята попытка научного анализа и критического осмысления методических подходов развития научного мышления школьников как основы естественнонаучной грамотности при изучении химии. Проводится анализ формирования навыков научного мышления на уроках химии в 9 классе. В исследовании приняло участие 37 учеников в возрасте 15-16 лет. Показано, что навыки научного мышления у школьников эффективно формируются, когда они активно участвуют в исследовательской деятельности.*

Ключевые слова: *развитие научного мышления; развитие критического мышления; естественнонаучная грамотность; обучение химии.*

UDC 378.147

METHODOLOGICAL APPROACHES TO THE DEVELOPMENT OF SCIENTIFIC THINKING AS A BASIS OF NATURAL SCIENCE LITERACY IN THE STUDY OF CHEMISTRY

I.V. Pavlova

Irina V. Pavlova,
Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor,
Institute for the Development of Education of the
Republic of Tatarstan, Kazan, Russian Federation.
ORCID iD: 0000-0003-2015-0455
E-mail: ipavlova@list.ru

Abstract. *The importance of the formation of scientific thinking in schoolchildren, including in chemistry lessons, is beyond doubt. It is necessary to develop methodological approaches that would activate the thinking of students and be characterized by a high degree of interactivity, motivation and emotional perception of the educational process. The use of such approaches will also make it possible to develop the cognitive and creative activities of students, improve the effectiveness of the educational process, form and evaluate emerging competencies. That is why active forms of education should be introduced into the education of schoolchildren for the most complete inclusion of them in the educational process and the activation of the process of forming high-quality knowledge. The cognitive process of integrating verbal and non-verbal information is part of the learning process in general and is especially relevant for any of the natural sciences. In chemistry, it forms the core of the metacognitive processes needed to understand a concept and apply it to any form of problem solving. Thus, it affects the study and teaching of both theoretical and experimental chemistry. In this article, the author made an attempt to scientific analysis and critical reflection on the methodological approaches to the development of scientific thinking of schoolchildren as the basis of natural science literacy in the study of chemistry. It has been shown that scientific thinking skills in schoolchildren are effectively formed when they actively participate in research activities.*

Keywords: *development of scientific thinking; development of critical thinking; natural science literacy; teaching chemistry.*

Введение

В организации образовательного процесса существенная роль отводится поддержанию на высоком уровне познавательного интереса обучающихся. Именно он, наряду с высокой мотивацией к обучению и самообучению, участвует в развитии креативной и неравнодушной личности. Без этого интенсивность и эффективность учебного процесса существенно снижаются. Успех современного человека в настоящее время зависит от умений организовать свою жизнедеятельность, правильно выбрать профессию, спланировать карьерный рост и реализовать личностные привязанности. [1, с. 163]. Важность формирования аналитического и критического мышления у школьников, в том числе на уроках химии, общепризнанна [2, с. 69]. Для формирования данных видов мышления были разработаны различные методы и методики. Однако очень немногие исследования были посвящены тому, как можно определить именно химические способы мышления [3, с. 137]. Позволяя ученикам участвовать в проведении химического эксперимента во время урока химии, мы повышаем интерес и значимость знаний, полученных в ходе обучения [4, с. 97]. Целью данной работы является доказательство гипотезы о том, что навыки научного мышления у школьников эффективно формируются, когда они активно участвуют в исследовательской деятельности на уроках химии.

Методика исследования

В проведённом научно-педагогическом исследовании изучен и обобщён опыт положительного влияния участия в экспериментальной деятельности на уроках химии на формировании научного мышления школьников как основы естественнонаучной грамотности. С помощью сравнительного анализа проблем и способов использования

исследовательской деятельности на уроках химии предпринята попытка выявления наиболее общих подходов, ориентирующих обучающихся на повышение качества обучения и формирование у них научного мышления. Школьники не только должны провести химический эксперимент, но и научиться описывать и интерпретировать то, что они наблюдают. А также прогнозировать результат реакции на основе имеющихся у них знаний. С этой целью класс был разделён на команды, каждая из которых проводила химические эксперименты и интерпретировала полученные данные с помощью макроскопического, микроскопического и символического уровней представления. Успехи и трудности школьников при выполнении поставленных целей были выявлены в ходе письменных опросов, устных бесед и завершающих круглых столов.

Экспериментальная часть

Некоторые из наиболее часто используемых для достижения цели по формированию научного мышления школьников как основы естественнонаучной грамотности стратегий включают использование учениками технической терминологии, словно они настоящие научные исследователи. Учащиеся должны объяснить, что они планируют делать в лаборатории и как будут использовать лабораторное оборудование [5, с.86].

Школьники, обучающиеся химии, сталкиваются с большими трудностями при попытке объяснить и спрогнозировать результат химической реакции, в основном из-за большой проблемы, связанной с пониманием взаимосвязи между макроскопическими свойствами вещества и его микроскопической структурой [6, с. 53].

Трудности, с которыми сталкиваются учащиеся при объяснении химических реакций, связаны с отсутствием у них способностей, которые им еще предстоит развить, чтобы делать описания с учетом трех разных уровней представления:

1) макроскопического (свойства вещества, с которыми они работают во время экспериментального курса);
2) микроскопического (строение и состав данного вещества);
3) символического (символы, используемые для описания реакции).

Чтобы учащиеся могли дать полное и правильное объяснение химической реакции, от них требуется использовать все три уровня представления, как это делают эксперты. Это большая проблема, с которой они сталкиваются всякий раз, когда их просят выполнить эту задачу [7, с. 70].

Есть три типа вопросов: закрытые, полуоткрытые и открытые. На первый тип можно ответить одним словом или небольшой фразой. Открытые вопросы – это те, где требуется исследование, но иногда на них нелегко ответить. Полуоткрытые вопросы требуют исследования, но ответ на них легко получить [8, с. 91].

Несоответствие в развитии умения задавать соответствующие вопросы для проведения исследования можно объяснить некоторыми способами, такими как подготовка каждого учащегося или степень его вовлеченности в экспериментальную деятельность [9, с. 82].

Вне зависимости от того, насколько глубоко каждому учащемуся удалось развить свою способность задавать более качественные вопросы, следует подчеркнуть, что все вопросы имели ряд особенностей: ни на один из них нельзя было ответить односложно, ответ не мог быть найден в единственном источнике. Именно из-за этого ряда характеристик эти вопросы можно считать «полуоткрытыми» [10, с. 126].

Итак, учащиеся должны определить данные им явления, а после этого они должны задавать вопрос в рамках их исследований на уроке.

1. Какие химические реакции можно было бы провести, чтобы наблюдать реакции следующего типа: нейтрализация, кислотно-щелочные реакции, разложение, двойное замещение, окислительно-восстановительные, синтез?

2. Какие макроскопические данные мы ожидаем увидеть, чтобы удостовериться, что химическая реакция произошла?

3. Как можно идентифицировать вещество с помощью химической реакции?

Вопросы также могут быть классифицированы как хорошо структурированные, поскольку они выражают контекст, в котором они ожидают найти ответ на каждый из них. Все вопросы являются полуоткрытыми и требуют проведения эксперимента, чтобы ответить на них. В структуре вопросов известно, что учащиеся исследуют типы химических реакций и способы их проведения.

Занятия по химии, основанные на исследовательской деятельности, действительно могут привести к тому, что учащиеся улучшат свои способности рационально и научно мыслить и улучшают собственную естественнонаучную грамотность [11, с. 59].

Чтобы добиться этого, автор рекомендует ряд действий [12, с. 199]:

1) постановка исходного вопроса для исследования;

2) сбор доказательств;

3) формулирование объяснений на основе экспериментальных данных для ответа на исходный вопрос;

4) оценка объяснений;

5) поддержание спрогнозированных объяснений перед сверстниками.

Выполнение этой серии действий должно позволить учащимся улучшить свои навыки научного мышления, однако некоторые эксперты предупреждают нас о рисках «упрощенных» версий этой структуры урока [13, с. 80]. Некоторые из наиболее частых ошибок при адаптации данных действий к учащимся с различным уровнем подготовки:

1. Поставить задачи, направленные на вовлечение учащихся только в технический уровень, а не в интеллектуальный;

2. Сделать содержание урока интересным для учащихся не означает, что они должны запоминать сразу все понятия, законы, модели, которые они должны изучать во время занятий. Для того чтобы этот процесс проходил наиболее активно, необходимо активнее вовлекать школьников в экспериментально-исследовательскую деятельность;

3. Проводить исследования по темам, не включенным в учебную программу. Тот факт, что исследование может быть проведено по заданной теме, не означает, что оно актуально для класса.

При правильной интеграции в урок представленная серия шагов приведет к развитию научного мышления школьников как основы естественнонаучной грамотности при изучении химии. Школьники, изучающие химию, должны научиться адекватным вопросам для начала исследования, формулировать гипотезу, проводить планирование и выполнение экспериментального исследования, делать анализ полученных результатов [14, с. 88].

Задача изучения химии на макроскопическом, микроскопическом и символическом уровнях требует от учащегося использования предметно-ориентированных, а также высоко абстрактных навыков вербального и невербального мышления [15, с. 26]. Чтобы успешно справиться с этой задачей, учащиеся должны сочетать овладение зрительно-пространственным мышлением с интерпретацией языковых выражений.

Когнитивный процесс интеграции вербальной и невербальной информации является частью процесса обучения в целом и особенно актуален для любой из естественнонаучных дисциплин. В химии он составляет ядро метакогнитивных процессов, необходимых для понимания концепции и применения ее к любой форме решения проблем. Таким образом, это влияет на изучение и преподавание как теоретической, так и экспериментальной химии.

В таблице 1 показаны фактические действия, которые были представлены учащимся в рамках урока по химии в 11 классе. Как видим, проблем три. В первом действии они должны предложить хотя бы одну химическую реакцию. Во втором они должны идентифицировать одно вещество с помощью химических реакций, а в последнем – синтезировать полимер.

Таблица 1.

Действия со школьниками в исследовательской лаборатории

Вы выберете несколько (столько, сколько, по вашему мнению, вам может понадобиться) из следующих доступных веществ и напишете, по крайней мере, одну реакцию для каждого возможного вида в соответствии с исследованиями, проведенными до занятия. Убедитесь, что вы полностью соответствуете трем основным критериям классификации. Также убедитесь, что вы точно описываете реакцию, которую предлагаете. Доступные вещества: ионные соединения. $CuSO_4$, $CuCO_3$, $CaCl_2$, NH_4NO_3, $Ba(OH)_2$,H_2O, HCl, NaOH, NH_4OH, металлы (Zn, Na, Cu, Ca), неметаллы (C, S)
Вам будет передано неопознанное вещество. Ваша задача состоит в том, чтобы придумать экспериментальную процедуру, включающую химические реакции, которая позволит вам успешно идентифицировать данное вещество. Не забывайте делать полные и точные описания того, что вы видели при проведении химических реакций. Вещество, которое вам дали, является одним из следующих: $CuSO_4$, $CaCl_2$, $Ba(OH)_2$
Химические реакции широко используются в промышленности, например, когда необходимо синтезировать определенное вещество для определенного процесса. Полимеры представляют собой очень ценную группу веществ из-за их разнообразного использования и применения. Ниже перечислены некоторые распространенные полимеры. Наша задача будет заключаться в том, чтобы найти некоторые из их наиболее частых применений и то, как их можно синтезировать в лаборатории. Выберите один из них и синтезируйте его. Фенолформальдегидный полимер или мочевиноформальдегидный полимер

После того, как школьники сформулировали свои гипотезы, они предложили материалы и количества веществ, которые им потребуются для проведения экспериментов. Следовательно, они должны были наблюдать и записывать все полученные данные.

Таблица 2.

Реакции школьников с доказательствами, которые они ожидали увидеть

Предполагаемая реакция	Ожидаемые доказательства
$CuCO_{3(тв)} \rightarrow CuO_{(тв)} + CO_{2(г)}\uparrow$	В веществе наблюдается изменение окраски. (В реакциях разложения одно вещество распадается на 2 или более простых вещества)
$2HCl_{(водн)} + Zn_{(тв)} \rightarrow ZnCl_{2(водн)} + H_{2(г)}$	В реакции замещения один элемент замещает другой в данном соединении. Цинк находится в элементарном состоянии (с соответствующей степенью окисления серо) и в конечном итоге связывается либо с хлоридом. Цинк приобрел два положительных заряда за счет потери двух электронов, получив степень окисления +2. Элемент, который проходит через оксид и имеет ряды степени окисления, теряет электроны
$8Zn_{(тв)} + S_{(тв)} \rightarrow 8ZnS_{(тв)}$	Во время реакции будут видны белые вспышки

$HCl_{(водн)} + NaOH_{(водн)} \rightarrow NaCl_{(водн)} + H_2O$	Когда мы добавим второе вещество к первому, которое уже содержит индикатор, мы начнем замечать, как меняется его цвет в зависимости от скорости добавления второго вещества. Одним из случаев может быть соляная кислота, содержащая индикатор; при добавлении гидроксида натрия он станет зеленым

Ученикам действительно удалось выделить доказательства, которые они ожидали найти при проведении этих реакций, такие как изменение цвета или появление белых вспышек. Кроме того, во второй реакции они признали использование кислотно-щелочного индикатора, чтобы узнать, оказывает ли это влияние.

Основная цель состояла в том, чтобы школьники могли спрогнозировать, что они будут наблюдать в лаборатории. Некоторые команды сделали прогноз того, как объясняются явления, что означает модель. Одним из примеров является прогноз команды 1 во второй реакции, когда они сказали: «Цинк приобрел два положительных заряда за счет потери двух электронов, таким образом получив степень окисления +2».

Другой пример был приведен командой, которая сказала: «Когда цинк теряет электроны, медь победила их». Такого рода прогнозы говорят нам кое-что о концепциях, которые изучают учащиеся, и о моделях, которые позволяют им объяснять явления.

Несмотря на это, мы могли бы сказать, что у них есть проблемы с идентификацией и различением материи макроскопических свойств и ее связи с ее структурой или составом. Таким образом, этот навык химического мышления школьникам приобрести довольно сложно.

Другая проблема, обнаруженная в прогнозах школьников, заключалась в том, что они классифицируют химическую реакцию, которую они предлагают. Например, одна команда заявила, что «будет наблюдать простую реакцию замещения», или синтез, или нейтрализацию и т.д. Это предпочтение делать прогнозы в отношении классификаций может быть объяснено академической средой школьников и тем, что предмет уже изучался на уроках, посвященных теории.

Как упоминалось ранее, альтернативные концепции являются одним из элементов, препятствующих процессу обучения, связанному с химической реакцией. Некоторые из них были основаны в этом разделе, и мы приводим лишь некоторые примеры. Одна из команд показывает несколько классических примеров концепции «анимизма», когда они говорят: «Cu менее активен, чем Zn» или «Zn более активен, чем H». Между тем одна из команд использовала концепцию «исчезновения», когда уверяла, что «натрий потребляется».

Другой интересной альтернативной концепцией, которая была найдена в группе, было «Замещение»: например, команда 2 сказала, что «водород в кислотах замещен цинком», команда 3 сказала, что «замещение металлом (Zn) другого [металла], который находится в соли ($CuSO_4$)». В этом последнем примере показаны две альтернативные концепции: замещение и анимизм, когда школьники сказали, что один металл находится в соли.

Можно сказать, что не все гипотезы или прогнозы имели альтернативные представления или ошибки, многие из них были написаны правильно, так как описывали макроскопические проявления химических реакций. Согласно плану эксперимента, школьников просили предложить материалы и термины, которые могли бы помочь им разработать свои эксперименты. Они измеряют массу или объем веществ и растворов, которые должны использовать. Мы лишь показываем некоторые примеры предложений школьников.

Таблица 3.

Примеры экспериментальных предложений

Экспериментальное предложение	Добавьте 1 мл $HCl_{(водн.)}$ к проблемному образцу, если макроскопически ничего не произойдет, мы идентифицируем, что это $CaCl_2$; если что-то случится, мы добавим универсальный индикатор, и если он станет красным, у нас будет $CuSO_4$, если он станет синим, у нас будет $Ba(OH)_2$	Добавьте несколько капель нашатырного спирта в раствор медного купороса. Продукт, который будет образовываться, представляет собой тетраамин меди (II). Этот продукт нагревают до образования осадка
		К насыщенному раствору гидроксида бария добавим несколько капель фенолфталеина, будет наблюдаться изменение окраски
		В пробирку с $CaCl_2$ добавят 1 мл серной кислоты. Если у нас есть $CaCl_2$, он растворится и должен проводить электрический ток

При проведении опытно-экспериментальных исследований в рамках лабораторных работ по химии школьники объединились в команды, в каждой из которых есть ученики разного уровня успеваемости, чтобы дети помогали друг другу во время урока.

Команда 4 использовала качественный критерий pH, они думают, что с его помощью они смогут определить проблему с веществом. Мы видим, что здесь есть ошибка, потому что у них был $CuSO_4$, это вещество синего цвета и его растворение тоже, поэтому, если они используют универсальный индикатор, они не увидят ничего, связанного с его критерием.

Собранные данные: в этом разделе показано, что школьники на самом деле видели при проведении эксперимента, как попытка сравнить доказательства, которые они первоначально ожидали найти, с тем, что они получили в действительности.

Школьников просили описать все свои наблюдения, начиная с описания системы до, во время и после химической реакции. Они должны сделать эти описания и сравнить с предсказаниями, сделанными ранее. Таким образом, они могли видеть сходства и различия между ними.

Члены команды 4 столкнулись с контрастом между тем, что они ожидали увидеть, и тем, с чем они столкнулись на самом деле, проводя реакции. По их мнению, всё произошло быстрее и все признаки реакции проявляются очень заметно, тогда как они готовились «пристально наблюдать, выискивать эти признаки».

Члены команды 5 указали на макроскопические критерии подтверждения завершения реакции, такие как изменение цвета или образование нового материала. Однако они продемонстрировали некоторые заблуждения, поскольку заявили, что один из материалов (цинк) исчезает.

В некоторых командах преобладала идея классификации по типу химической реакции вместо макроскопического описания наблюдаемых ими изменений. Например, так поступила команда 2, но они исправились, упомянув об использовании индикатора или образовании осадка как доказательствах того, что произошло химическое изменение. Однако альтернативная концепция, связанная с замещением в цинке и соляной кислоте, согласуется с их предсказаниями. Другой командой, в которой преобладали альтернативные концепции, была команда 3: они проявляли анимизм и смещение, когда уверяли, что «Zn способен вытеснять водород», потому что он «более реакционноспособен» и что «молекулы воды (…) заменены молекулами NH_3».

В целом у учащихся выработался навык описания наблюдаемых макроскопических явлений, что позволило им убедиться в происходивших химических реакциях. Однако

можно сказать, что их развитие нельзя назвать «равномерным» среди команд, главным образом потому, что некоторые наблюдения были сделаны с ошибками или альтернативными концепциями.

После проведения этих реакций учащимся было предложено сделать выводы на основе своих открытий, потому что одна из целей этого способа обучения состоит в том, чтобы учащиеся уделяли больше внимания своим данным для построения объяснений наблюдаемых явлений. Мы пытались заставить их изменить те неполные или наивные объяснения, которые у них были, когда они начинали лабораторную работу. Вот несколько примеров:

Команда 1: Химические реакции – это превращения, некоторые из которых очень сложны или для их осуществления требуются особые условия. Таким образом, вы должны учитывать все возможные переменные, которые могут повлиять на реакцию, чтобы действительно получить желаемый продукт.

Члены команды 4 подчеркнули важность условий, при которых происходит реакция, и то, как даже малейшее отклонение может повлиять на качество продукта, который вы пытаетесь получить.

Таблица 4.

Наблюдения команд 1 и 2, основанные на том, что они действительно видели при проведении предложенных ими реакций

Реакция	Наблюдения
$CuCO_{3(тв)} \rightarrow CuO_{(тв)} + CO_{2(г)} \uparrow$	Когда $CuCO_3$ нагревали, вы могли видеть, как он меняет цвет с синего на черный; реакция не заставила себя долго ждать
$2HCl_{(водн)} + Zn_{(тв)} \rightarrow ZnCl_{2(водн)} + H_{2(г)}$	Вы могли видеть появление пузырьков при добавлении HCl (водн.) к Zn. Должно быть H_2(г), как и предсказывалось; однако изменение цвета с серого на белый не было видно
$HCl_{(водн)} + NaOH_{(водн)} \rightarrow NaCl_{(водн)} + H_2O$	Базовое значение pH было получено для смеси, содержащей 0,5 мл NaOH (водн.) и 0,5 мл HCl (водн.), что указывает на то, что концентрации NaOH (водн.) и HCl (водн.) не были одинаковыми. HCl (водн.) добавляли по каплям до достижения нейтрального значения pH
$HCl_{(водн)} + NaOH_{(водн)} \rightarrow NaCl_{(водн)} + H_2O$	NaOH (водн.) добавляли к смеси, содержащей HCl (водн.) и индикатор pH. По мере добавления NaOH (водн.) цвет смеси менялся с красного на зеленый
$Zn_{(тв)} + 2HCl_{(водн)} \rightarrow ZnCl_{2(водн)} + H_{2(г)}$	Когда HCl (водн.) добавляли к цинку, он начинал пузыриться, пока цинк полностью не исчезал
$CuSO_{4(тв)} + 2NH_4OH_{(водн)} \rightarrow Cu(OH)_{2(тв)} + (NH_4)_2SO_4$	Когда гидроксид аммония контактировал с раствором, содержащим сульфат, его синий цвет стал ярче. Вскоре после этого образовалось твердое тело

Команда 3. Подводя итог, можно сказать, что химические реакции очень важны, поскольку их можно обнаружить в повседневных явлениях, так как они являются основой базовых жизненных функций. Нам удалось подтвердить описанное поведение для соответствующих реакций, что позволило нам четко классифицировать и идентифицировать их на основе их поведения.

Члены команды 3 отметили, что теперь они могут идентифицировать и классифицировать реакции, основываясь не только на описанном в литературе поведении, но и на реальных изменениях, свидетелями которых они стали в лаборатории. Обе команды начали эту часть с того, что подчеркнули важность химических реакций в ежедневных событиях.

Каждая команда выделила разные элементы в своих выводах; тем не менее есть некоторые общие факторы, которые позволяют нам различать, что привлекло внимание школьников, когда они изучали химические реакции. Так, одна из основных идей заключалась в том, чтобы школьники считали актуальным тот факт, что можно было бы обнаружить химические реакции в повседневных явлениях. В этом смысле по крайней мере четыре команды утверждают, что эти реакции очень хорошо описаны в специальной литературе, и, начав с этого момента, они смогли сделать лабораторные прогнозы.

Ещё один интересный вывод сделан командой 4, когда они сказали: «Каждая реакция производится при наличии реагентов, из которых после экспериментального процесса можно получить продукты. Но такого рода реакции исходят из теоретических моделей, построенных на основе классификации всех подобных химических реакций». Это очень интересный вывод, потому что учащимся удалось выявить идею того, как строятся модели, по крайней мере, из классификации химических реакций.

Это лишь несколько простых примеров работ, выполненных учащимися. Качество этого разделения на разные команды почти одинаково; у всех у них есть альтернативные концепции, а также ценный вклад с точки зрения доказательств, которые они ожидали найти, и объяснений, построенных для них.

Выводы

Навыки научного мышления могут быть легко усвоены обучающимися, все зависит от стратегии обучения, используемой учителем. В нашем случае большинство учеников никогда не развивали ни один из этих навыков, к тому же они уже почти взрослые люди, и научиться этому им порой бывает сложнее. Тем не менее мы считаем, что на самом деле можно развивать навыки научного мышления у школьников, когда они принимают участие в экспериментальном курсе, основанном на исследовательской деятельности. Несмотря на это, мы можем сказать, что существует множество различий между навыками, развиваемыми учащимися, и предполагаем, что это зависит от их собственного опыта.

Литература:

1. Демина В.В., Демина С.А., Заякина И.А., Кожукалова О.Ю. Основные тенденции, характеризующие общество знания в России // АНИ: экономика и управление. - 2021. - № 2 (35). - С. 162-166. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46336594
2. Климакова В.В. Развитие креативного мышления учащихся на уроках химии в средней школе // Концепт. - 2013. - № 1. - С. 68-73. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=18807387
3. Тулькибаева Н.Н., Старченко С.А. Формирование естественнонаучного мышления старшеклассников // Вестник ЮУрГГПУ. - 2019. - № 5. - С. 137-140. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42390414
4. Павлова И.В., Потапов А.А. Входной контроль знаний студентов как основа дифференциации содержания химического образования // Управление устойчивым развитием. - 2019. - № 3 (22). - С. 96-100. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41285607
5. Бекчанов Д.Ж., Мухамедиев М.Г., Гафурова Д.А., Рахимов Т.Х., Хасанов Ш.Б. Преимущества использования виртуальной лаборатории в обучении химии в средней школе // Universum: психология и образование. - 2021. - № 12 (90). - С. 84-89.

6. Наренова С.М., Сатенова Г. Эффективность применения цифровых образовательных ресурсов на уроках химии // Наука, техника и образование. - 2018. - № 5 (46). - С. 53-55. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=34992749

7. Добротин Д.Ю., Снастина М.Г. Методические рекомендации для учителей, подготовленные на основе анализа типичных ошибок участников ЕГЭ 2020 года по химии // Педагогические измерения. - 2020. - № 3. - С. 61-90. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44311988

8. Козлова В.В. Формирование метапредметных умений школьников при решении задач органической химии с помощью математического моделирования // Вестник магистратуры. - 2018. - № 2-2 (77). - С. 91-94. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32473888

9. Литвинова Н.М., Сажнева Т.В., Баян Е.М. Смешанное обучение химии в школе: от теории к практике // Образовательные технологии и общество. - 2016. - № 1. - С. 80-91. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25516596

10. Федорова Н.Н. Предметы естественного-научного цикла как средство развития системного мышления школьников // Вестник Амурского государственного университета. Серия: Гуманитарные науки. - 2018. - № 80. - С. 125-127. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32595520

11. Файзуллоева М.М. Махмуджоновна, Бобизода Г.М. Формирование ключевых компетенций учащихся на уроках химии // Вестник педагогического университета (Серия 2: Педагогики и психологии, методики преподавания гуманитарных и естественных дисциплин). - 2020. - № 1 (1). - С. 59-65. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46651384

12. Павлова И.В. Применение проектного обучения на уроках химии в школе // В сборнике: Актуальные проблемы современного образования: опыт и инновации. Материалы всероссийской научно-практической конференции с дистанционным и международным участием. отв. ред. А.Ю. Нагорнова. - Ульяновск: Зебра, 2020. - С. 199-201. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44657331

13. Дробышев Е.Ю. Учебно-исследовательская деятельность учащихся на уроках химии и во внеурочное время: сравнительный анализ // Школьные технологии. 2019. № 1. С. 79-87. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37276377

14. Шарыпова Н.В., Павлова Н.В. Планирование развития познавательных универсальных учебных действий при обучении химии в 8 классе // Вестник Шадринского государственного педагогического университета. - 2018. - № 4 (40). - С. 86-93. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36738357

15. Арестова А.А. Электронные образовательные ресурсы как средство индивидуализации образования в школе // Гаудеамус. - 2019. - № 2 (40). - С. 25-32. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=39387667

References:

1. Demina V.V., Demina S.A., Zayakina I.A., Kozhukalova O.Yu. The main trends characterizing the knowledge society in Russia. *ANI: Economics and Management*, 2021, no. 2 (35), pp. 162-166. (In Russian). URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46336594

2. Klimakova V.V. Development of creative thinking of students at chemistry lessons in secondary school. *Concept*, 2013, no. 1, pp. 68-73. (In Russian). URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=18807387

3. Tulkibaeva N.N., Starchenko S.A. Formation of natural-science thinking of high school students. *Bulletin of the South Ural State State University*, 2019, no. 5, pp. 137-140. (In Russian). URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42390414

4. Pavlova I.V., Potapov A.A. Input control of students' knowledge as a basis for differentiating the content of chemical education. *Management of sustainable development*, 2019, no. 3 (22), pp. 96-100. (In Russian). URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41285607
5. Bekchanov D.Zh., Mukhamediev M.G., Gafurova D.A., Rakhimov T.Kh., Khasanov Sh.B. Benefits of using a virtual laboratory in teaching chemistry in high school. *Universum: psychology and education*, 2021, no. 12 (90), pp. 84-89. (In Russian).
6. Narenova S.M., Satenova G. The effectiveness of the use of digital educational resources in chemistry lessons. *Science, technology and education*, 2018, no. 5 (46), pp. 53-55. (In Russian). URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=34992749
7. Dobrotin D.Yu., Snastina M.G. Guidelines for teachers prepared on the basis of an analysis of typical mistakes of participants in the USE 2020 in chemistry. *Pedagogical measurements*, 2020, no. 3, pp. 61-90. (In Russian). URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44311988
8. Kozlova V.V. Formation of meta-subject skills of schoolchildren in solving problems of organic chemistry using mathematical modeling. *Bulletin of the Magistracy*, 2018, no. 2-2 (77), pp. 91-94. (In Russian). URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32473888
9. Litvinova N.M., Sazhneva T.V., Bayan E.M. Blended teaching of chemistry at school: from theory to practice. *Educational technologies and society*, 2016, no. 1, pp. 80-91. (In Russian). URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25516596
10. Fedorova N.N. Subjects of the natural science cycle as a means of developing schoolchildren's systemic thinking. *Bulletin of the Amur State University. Series: Humanities*, 2018, no. 80, pp. 125-127. (In Russian). URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32595520
11. Faizulloeva M.M. Makhmujonovna, Bobizoda G.M. Formation of key competencies of students in chemistry lessons. *Bulletin of the Pedagogical University (Series 2: Pedagogy and psychology, methods of teaching humanitarian and natural disciplines)*, 2020, no. 1 (1), pp. 59-65. (In Russian). URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46651384
12. Pavlova I.V. *Application of project-based learning in chemistry lessons at school.* Ulyanovsk, Zebra Publ., 2020, pp. 199-201. (In Russian). URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44657331
13. Drobyshev E.Yu. Educational and research activities of students in chemistry lessons and after school hours: a comparative analysis. *School technologies*, 2019, no. 1, pp. 79-87. (In Russian). URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37276377
14. Sharypova N.V., Pavlova N.V. Planning the development of cognitive universal educational activities in teaching chemistry in the 8th grade. *Bulletin of the Shadrinsk State Pedagogical University*, 2018, no. 4 (40), pp. 86-93. (In Russian). URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36738357
15. Arestova A.A. Electronic educational resources as a means of individualization of education at school. *Gaudeamus*, 2019, no. 2 (40), pp. 25-32. (In Russian). URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=39387667

Submitted: 13 March 2022 Accepted: 13 April 2022 Published: 14 April 2022