

2026, № 07 (июль)

Раздел 5.8. Педагогика

ART 261202

DOI: 10.24412/2304-120X-2026-11202

УДК 372.854:794

Игровые инструменты формирования химического мышления: разработка и апробация настольных образовательных игр по химии

Game-Based Tools for Developing Chemical Thinking: Design and Pilot Testing of Educational Board Games in Chemistry

Автор статьи

Шавалеева Светлана Минневагизовна,
кандидат химических наук, доцент кафедры общей химии и экологии ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А. Н. Туполева-КАИ», г. Казань, Российская Федерация
shsm@mail.ru
ORCID: 0009-0000-1222-1597

Author of the article

Svetlana M. Shavaleeva,
Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor, Department of General Chemistry and Ecology, Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev-KAI, Kazan, Russian Federation
shsm@mail.ru
ORCID: 0009-0000-1222-1597

Конфликт интересов

Конфликт интересов не указан

Conflict of interest statement

Conflict of interest is not declared

Для цитирования

Шавалеева С. М. Игровые инструменты формирования химического мышления: разработка и апробация настольных образовательных игр по химии // Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2026. – № 07. – С. 443–458. – URL: <https://e-koncept.ru/2026/261202.htm> – DOI: 10.24412/2304-120X-2026-11202

For citation

S. M. Shavaleeva, Game-Based Tools for Developing Chemical Thinking: Design and Pilot Testing of Educational Board Games in Chemistry // Scientific-methodological electronic journal "Koncept". – 2026. – No. 07. – P. 443–458. – <https://e-koncept.ru/2026/261202.htm> – DOI: 10.24412/2304-120X-2026-11202

Поступила в редакцию <i>Received</i>	29.04.26	Получена положительная рецензия <i>Received a positive review</i>	29.06.26
Принята к публикации <i>Accepted for publication</i>	29.06.26	Опубликована <i>Published</i>	31.07.26



Аннотация

Современные вызовы естественно-научного образования обусловлены устойчивой фрагментарностью химических знаний у абитуриентов и студентов, сформированных экзаменационно-ориентированной подготовкой и высокой абстрактностью предмета. Это не способствует формированию целостного предметного мышления, повышает учебную тревожность и снижает познавательную мотивацию. Поэтому возникает потребность в специализированных инструментах, способных трансформировать сложные теоретические абстракции в наглядные моделирующие действия для глубокого понимания химических закономерностей через практику, а не через механическое запоминание формул и алгоритмов. Цель работы заключается в разработке и методическом обосновании авторской серии настольных образовательных игр по химии, в которых игровая механика выступает метафорой фундаментальных химических законов, а также в определении минимально достаточного уровня ресурсных вложений для их создания. Исследование реализовано в дизайне итеративного качественного наблюдения в период 2021–2025 годов. Эмпирическую базу составили более 300 респондентов различных возрастных и образовательных категорий. Ключевой методологический принцип разработки – самодостаточность игровой механики. Тематические блоки охватывают наиболее проблемные разделы курса: периодическую систему, строение атома, органическую номенклатуру, стехиометрию и электрохимию. Правила игр напрямую моделируют научные закономерности, обеспечивая освоение материала и встроенную систему самокоррекции ошибок при повторных игровых циклах без внешнего методического сопровождения. Оценка эффективности опиралась на качественные индикаторы: вербальные маркеры, динамику снижения типичных ошибок и готовность к повторным сессиям. Многоэтапная апробация подтвердила высокую диагностическую и формирующую функции разработанных инструментов. Игры эффективно и объективно выявляют типичные пробелы в знаниях, обеспечивают их самостоятельную коррекцию через внутреннюю логику правил, существенно снижают учебную тревожность и формируют устойчивую внутреннюю мотивацию. Зафиксирован качественный сдвиг у обучающихся от репродуктивного воспроизведения к причинно-следственному обоснованию химических процессов, при этом доказана принципиальная реализуемость подхода в условиях ограниченных авторских ресурсов. Теоретически обоснован перспективный переход от фрагментарных дидактических пособий к системным игровым средам, сформулированы ключевые принципы проектирования. Практически разработанные игры представляют собой готовые к масштабированию инструменты для внедрения в учебный процесс школ и вузов, снижающие нагрузку на преподавателей при восполнении базовых пробелов и обеспечивающие поэтапное, осознанное формирование предметного мышления в химии.

Ключевые слова

настольные образовательные игры, обучение химии, игровая механика, предметное мышление, естественно-научное образование

Благодарности

Автор выражает благодарность участникам Гильдии разработчиков настольных игр (ГРаНИ), Российская Федерация, и конвента «Граникон», г. Санкт-Петербург, за профессиональные советы по разработке настольных игр.

Abstract

Modern challenges of natural science education are caused by the persistent fragmentation of chemical knowledge among applicants and students, formed by examination-oriented training and high abstractness of the subject. This does not contribute to the development of holistic objective thinking, increases learning anxiety and reduces cognitive motivation. Therefore, there is a need for specialized tools capable of transforming complex theoretical abstractions into visual modeling actions for a deep understanding of chemical patterns through practice, rather than through mechanical memorization of formulas and algorithms. The purpose of the work is to develop and methodically substantiate the author's original series of educational board games in chemistry, in which game mechanics serve as a metaphor for fundamental chemical laws, as well as to determine the minimum sufficient level of resource investment for their creation. The research was implemented in the design of iterative qualitative observation in the period 2021–2025. The empirical base consisted of more than 300 respondents of various age and educational categories. The key methodological principle of development is the self-sufficiency of game mechanics. The thematic blocks cover the most problematic sections of the course: the periodic system, atomic structure, organic nomenclature, stoichiometry, and electrochemistry. The rules of the games directly model scientific patterns, ensuring the learning of the material and a built-in system of self-correction of errors during repeated game cycles without external methodological support. The effectiveness assessment was based on qualitative indicators: verbal markers, the dynamics of reducing typical errors, and willingness to repeat sessions. The multi-stage testing confirmed the high diagnostic and formative function of the developed tools. Games effectively and objectively identify typical gaps in knowledge, ensure their independent correction through the internal logic of the rules, significantly reduce learning anxiety and form a stable internal motivation. A qualitative shift in students from generative reproduction to the causal justification of chemical processes has been recorded, while the fundamental feasibility of the approach in conditions of limited copyright resources has been proved. A promising transition from fragmentary didactic manuals to system gaming environments is theoretically substantiated, and key design principles are formulated. Practically developed games are ready-to-scale tools for implementation in the educational process of schools and universities, reducing the burden on teachers while filling basic gaps and providing a step-by-step, conscious development of subject thinking in chemistry.

Key words

educational board games, chemistry education, game mechanics, subject-specific thinking, natural science education

Acknowledgements

The author would like to express her gratitude to the members of the Board Game Developers Guild, Russian Federation, and the Granikon Convention, St. Petersburg, for their professional advice on board game development.

Введение / Introduction

Интерес обучающихся к фундаментальным наукам носит противоречивый характер: несмотря на рост числа сдающих единые государственные экзамены (ЕГЭ) по естественно-научным предметам, выбор дисциплин чаще обусловлен стратегией поступления в вуз с ориентацией на проходные баллы и бюджетные места, а не на подлинную предметную мотивацию. Это приводит к формированию у абитуриентов фрагментарных знаний, ограниченных набором алгоритмов для решения типовых задач, и отсутствию целостного понимания предмета. Такая подготовка создает существенные трудности при освоении университетского курса химии. В результате преподавателям приходится выделять значительное время на восполнение базовых пробелов путем разъяснения фундаментальных понятий, отработки расчетных навыков и лабораторной практики. Это сокращает часы на изучение программного материала углубленного уровня, замедляет темп подачи нового материала, снижает глубину проработки тем и, как следствие, может негативно влиять на качество освоения дисциплины в целом.

Данная ситуация может быть обусловлена перегруженностью школьных учебных планов, отрывом теории от практического опыта и доминированием репродуктивных методов. Подобные форматы не всегда соответствуют особенностям восприятия современного поколения, в результате чего химия нередко воспринимается как система алгоритмов и формул для запоминания. Это снижает внутреннюю мотивацию к обучению и повышает уровень учебной тревожности. У части обучающихся формируется устойчивое избегание естественно-научных дисциплин.

Важным аспектом, усложняющим преподавание химии как в школе, так и в вузе, является специфика самого предмета: химия опирается на символический язык, пространственные модели и невидимые процессы, требующие развитого абстрактного мышления, формирование которого у обучающихся происходит неравномерно и не всегда достигает уровня, необходимого для глубокого освоения материала, поэтому возникает потребность в поиске дополнительных педагогических инструментов. Именно поэтому приходится применять специализированные приемы для перевода сложных теоретических абстракций в наглядные действия для облегчения восприятия трудного содержания, которые позволяют обучающимся осваивать химические закономерности через практику, а не через механическое запоминание.

К таким специализированным приемам можно отнести внедрение игровых практик. Однако успешность такого подхода напрямую зависит от качества игрового дизайна: лишь системы, где правила отражают внутренние связи изучаемых явлений, обеспечивают подлинное освоение материала, тогда как упрощенные формы сводятся к механическим тренажерам. В педагогической практике часто происходит методически некорректное смешение традиционных дидактических материалов и полноценных настольных образовательных игр – дидактический материал иллюстрирует знание, а образовательная игра моделирует закономерность, в первой обучающийся вспоминает правило, во второй – открывает его через игровое действие.

Цель работы – создать и методически обосновать авторскую серию настольных образовательных игр по химии, в которых игровая механика моделирует химические закономерности, обеспечивая развитие химического мышления, а также определить минимально достаточный уровень ресурсных вложений (временных, кадровых, экспертных, методических), обеспечивающих разработку игры с подтвержденной дидактической эффективностью.

Обзор литературы / Literature review

Анализ педагогических исследований позволяет сгруппировать существующие научные подходы к использованию игровых технологий в естественно-научном образовании по следующим ключевым исследовательским фокусам: проблема мотивации и вовлеченности, методологические риски и ограничения, адаптация игровых механик и предметная специфика химии.

1. Проблема мотивации и вовлеченности обучающихся

Центральным вектором современных исследований остается изучение влияния игровых форматов на внутреннюю мотивацию, эмоциональное состояние и когнитивную вовлеченность учащихся. М. А. Стародубцева отмечает, что игровые методы способны активизировать познавательный интерес, однако их эффективность напрямую зависит от педагогической культуры преподавателя и умения удерживать баланс между игровой динамикой и учебной дисциплиной [1]. Н. И. Кочергина с соавторами подчеркивают, что игра на уроке должна служить не разрядкой обстановки, а инструментом активизации знаний и развития психических процессов, переводящего учащихся с репродуктивного на творческий уровень деятельности [2]. О. С. Стахеева акцентирует внимание на инклюзивном потенциале игровых технологий, демонстрируя, что они развивают независимость, ответственность, критичность и нестандартное мышление, позволяя обучающимся лично участвовать в решении профессиональных проблем [3]. В. С. Растегаева и Е. В. Плешакова подтверждают, что ситуационные игровые задачи способствуют лучшему усвоению сложного материала и формированию экологической ответственности [4].

В международных исследованиях фокус смещается в сторону мотивационных теорий и долгосрочных эффектов. М. Калогиианнакис с соавторами фиксируют системный дефицит теоретических рамок в эмпирических работах по геймификации, указывая, что лишь незначительная часть публикаций опирается на валидированные мотивационные модели, что затрудняет интерпретацию причинно-следственных связей между игровыми элементами и учебными достижениями [5]. Авторы призывают строго разграничивать краткосрочный «вау-эффект» и устойчивую познавательную активность. Ю. Ю. Гавронская с коллегами выделяют ключевые преимущества игровых технологий в повышении мотивации и вовлеченности, одновременно предупреждая о рисках поверхностного обучения [6]. А. Альмуфаррах на основе структурного моделирования показывает, что игровые элементы работают на персонализацию учебного процесса и снижают академическую тревожность, что напрямую ведет к росту тестовых результатов [7]. У. Оливейра с соавторами указывают, что геймификация системно удовлетворяет базовые потребности студентов в автономии и компетентности, что напрямую активирует внутреннюю мотивацию к учебной деятельности [8].

2. Методологические риски и ограничения игровых технологий

Несмотря на доказанную эффективность, научное сообщество единодушно указывает на ряд методологических и организационных ограничений. М. А. Стародубцева фиксирует негативные стороны: объяснение правил и демонстрация игры занимают много времени, особенно у педагогов с небольшим опытом; в групповых формах нередко нарушается порядок действий, что приводит к путанице; после проведения игры трудно восстановить дисциплину, а соревнование иногда перерастает в соперничество, ухудшающее взаимоотношения. М. Д. Гочияева с соавторами отмечают высокую стои-

мость разработки и внедрения, возможное отвлечение от учебного процесса и несоответствие предпочтениям некоторых обучающихся, подчеркивая необходимость учета индивидуальных особенностей и обеспечения технической поддержки [9].

Н. А. Астахова с соавторами в теоретическом анализе предупреждают, что успешная интеграция игровых механик требует четкого соответствия когнитивным целям дисциплины, указывая на риски поверхностного использования игровых элементов без глубокого методического обоснования [10]. Ю. Хонг с соавторами в систематическом обзоре 87 эмпирических исследований демонстрируют, что эффективность геймификации зависит не от количества игровых элементов, а от их педагогически обоснованной адаптации под конкретные учебные задачи, возрастные особенности и предметную специфику. Механический перенос механик из развлекательного контекста без учета теории обучения ведет к снижению когнитивной нагрузки и поверхностному усвоению [11]. Д. Д. Рамирес с соавторами показывают, что большинство современных работ ограничиваются оценкой поведенческого участия, игнорируя эмоциональные и когнитивные компоненты вовлеченности, и настаивают на необходимости системной методической подготовки педагогов [12].

3. Адаптация игровых механик и предметная специфика химии

История использования игровых методов в обучении химии в России имеет глубокие корни. основополагающую роль в формировании экспериментального подхода сыграл В. Н. Верховский (1873–1947). В первой книге по методике преподавания химии В. Н. Верховским с соавторами в 1934 году [13] было представлено решение многих новых дидактико-методических задач, в частности, была раскрыта методика средств наглядности. Разработанные им приемы: «химические загадки», проблемные лабораторные задания, карточные материалы «Химической азбуки» [14] – содержали ключевые элементы игрового метода: занимательность, соревновательность, практическую направленность.

В 1990 году группой авторов под руководством Н. И. Калетиной было издано учебное пособие «Игровой метод в обучении химии», где представлены сценарии учебной ролевой игры, наборы обучающих карточек управляющего типа и контрольно-обучающих карточек [15]. В 2003 году Г. И. Штремплер и Г. А. Пичугина в пособии «Дидактические игры при обучении химии» рассмотрели роль дидактических игр и предложили вербальные форматы: анаграммы, логогрифы, метаграммы, шарады, криптограммы, ребусы, кроссворды и викторины [16].

Современные исследования смещают фокус на предметную адаптацию механик. А. Ю. Кузнецова с соавторами предлагает кроссворды по физике, игры на карточках «Квинтеты», «Физическое лото», «Найди ошибку», «Аукцион формул» [17]. Н. М. Привалова с соавторами рассматривают интерактивные методы, основанные на принципах активности, взаимодействия и самооценки [18]. Н. Т. Алтенова и С. М. Сергазина подчеркивают, что интерактивный потенциал компьютерных инструментов в сочетании с игровыми механиками позволяет сохранить академическое качество при повышении вовлеченности, создавая условия для дифференциации и рефлексии [19]. К. В. Гаак предлагает этапы игры с примерами заданий по теме «Полимеры и полимерные материалы» [20]. Е. А. Корсакова с соавторами указывают на необходимость переноса цифровых практик в офлайн-формат, подчеркивая уникальный потенциал физических настольных игр для развития тактильного и пространственного мышления, критически важного при работе с молекулярными моде-

лями [21]. Д. А. Вольнова и С. С. Космодемьянская демонстрируют, как правила комбинирования элементов трансформируются в инструмент для отработки номенклатуры, снижая зависимость от механического заучивания [22]. У. А. Буханова с соавторами разработали прикладную образовательную настольную игру для студентов фармацевтического факультета III курса (5-й учебный семестр) как форму проведения рубежного контроля при изучении фармацевтической химии [23].

4. Анализ доступных коммерческих продуктов

На российском рынке наиболее репрезентативны пять продуктов. Игра «Хим-Тим» – карточная игра на запоминание элементов и структуры таблицы Менделеева; ее преимущества – визуальная привлекательность, низкий порог вхождения и возрастная адаптивность, однако механика не моделирует химические взаимодействия, что ограничивает ее применение для понимания реакций, но не снижает ценности для запоминания символов как особенности целевого назначения игры [24]. Игра «Сон Менделеева» сочетает механики «три в ряд» и «мемори» с интеграцией справочной информации, способствует системному усвоению классификации элементов, но может перегружать информацией без методического сопровождения [25]. Наборы «Занимательная Химия» (Qiddycome/GaGa.ru) представляют гибридный формат экспериментов с игровыми элементами: обеспечивают высокую наглядность, однако одноразовость опытов, отсутствие классической игровой механики и необходимость постоянного контроля взрослым снижают их потенциал для самостоятельного использования [26]. Также доступна для приобретения серия настольных химических игр «Наука» от детского научно-популярного проекта «Сайнсли», которая учит «смотреть на мир комплексно через оптику естественных наук, видеть взаимосвязи во всем, что нас окружает, и думать с опорой на критическое мышление» [27]. Настольная игра «Элементарно» для старших школьников и взрослых: кидая кубик и перемещаясь по полю, участники должны отвечать на вопросы, которые «заставят вас поломать голову и покопаться в памяти» [28].

Каждый продукт эффективен на определенном этапе, однако наблюдается дефицит автономных настольных игр со встроенной научной логикой, способных работать без постоянного методического сопровождения.

5. Экономические аспекты разработки

Создание качественных настольных образовательных игр, соответствующих академическим стандартам и требованиям современной педагогики, сопряжено со значительными финансовыми и временными издержками. М. Д. Гочияева [29] с соавторами указывают, что процесс разработки – это не только творческий, но и финансово затратный процесс, сочетающий педагогическое проектирование с промышленным дизайном. Он включает многоэтапное научное проектирование (верификация химических закономерностей, конструирование правил как структурных метафор), прототипирование компонентов (карточки, игровые поля, фишки, инструкции), циклы пилотного тестирования с целевыми аудиториями, доработку механик на основе обратной связи, а также полиграфическое производство и тиражирование. Использование качественного картона, деревянных или пластиковых фишек и фирменных коробок или пластиковых органайзеров для упаковки значительно удорожает логистику и производство. Коммерческое распространение разработок требует больших вложений в рекламу товара. Кроме того, создание и тестирование тестовых образцов – итерационный процесс, каждый новый прототип требует затрат на печать и расходные материалы. Необходимость привле-

чения узкопрофильных специалистов (методистов, педагогов-психологов, иллюстраторов, разработчиков правил) и риски коммерческой окупаемости в нишевом образовательном сегменте ограничивают возможности авторов-энтузиастов.

Проведенный обзор литературы подтверждает актуальность перехода от фрагментарных дидактических пособий к автономным настольным образовательным играм, обладающим встроенной научной логикой, а также необходимость финансовой поддержки этой деятельности. Отсутствие системных разработок, сочетающих автономию, строгое моделирование химических закономерностей и кооперативные механизмы оценивания, обуславливает необходимость создания и методического обоснования авторской серии игр, что и стало непосредственным основанием для разработки автором представленной серии игр.

Материалы и методы / Materials and methods

Более чем десятилетний опыт преподавания курса общей химии в техническом вузе позволил автору определить устойчивые затруднения студентов при освоении фундаментальных разделов дисциплины. Анализ учебных результатов и типичных ошибок показал, что сложности возникают не из-за недостатка интеллектуальных способностей, а из-за высокой абстрактности материала и разрыва между формальным знанием правил и их практическим применением. В период 2021–2025 годов автором была разработана серия из пяти настольных образовательных игр, представляющая собой системный инструмент, в котором игровая механика выступает точной метафорой химических закономерностей, обеспечивая поэтапное формирование предметного мышления. Каждая игра спроектирована как автономная учебная среда, где правила напрямую отражают химические принципы, а не служат внешним антуражем.

Ключевой методологический принцип всех разработок – принцип самодостаточности игровой механики (автономности). Правила игр составлены таким образом, что освоение материала может происходить самостоятельно. Игровые механики не являются антуражем, а представляют собой строгие модели химических закономерностей. Знания формируются в процессе взаимодействия с правилами; ошибки выявляются участником самостоятельно (например, невозможность завершить ход) или с помощью других участников, а их коррекция происходит при повторных попытках или сравнении с эталоном, заложенным в правилах. При этом автономность относится исключительно к игровому процессу и механизмам самокоррекции учащихся в ходе сессии. Роль исследователя ограничивалась организацией апробации, фиксацией вербальных маркеров, проведением полуструктурированных интервью, сбором данных для итеративной доработки компонентов и их доведением до финальной версии, пригодной для тиражирования в массовой педагогической практике без дополнительной адаптации.

Исследование реализовано в дизайне итеративного качественного наблюдения с многократными циклами апробации. Эмпирическую общую базу апробации составили более 300 респондентов, отобранных по принципу доступности с учетом вариативности образовательного контекста (студенты I–II курсов технических направлений КНИТУ-КАИ, обучающиеся СПО, учащиеся 9–11-х классов школ непрофильного направления г. Казани, а также взрослые слушатели программ ДПО и сотрудники предприятий без систематического химического образования). Апробация осуществлялась в период с 2021 по 2025 год в рамках урочной и внеурочной деятельности, участие носило добровольный характер.

Апробация была организована как взаимный итеративный процесс: первоначально теоретический материал осваивался в традиционном формате занятия, после чего проводилось тестирование прототипа игры. На ранних сессиях она выполняла преимущественно диагностическую функцию, выявляя как пробелы в усвоении химических концептов, так и методические противоречия в карточках, компонентах и правилах. Полученные данные, включая вербальные маркеры и результаты структурированных интервью, использовались для устранения неточностей, уточнения механики и доработки игровых материалов. По мере совершенствования компонентов характер взаимодействия трансформировался: игра переставала быть лишь инструментом фиксации пробелов и становилась активным фактором конструирования знаний, обеспечивая углубленное понимание закономерностей. Апробация носила двусторонний характер: педагогическая обратная связь направляла методическое совершенствование игры, а отлаженная игровая среда, в свою очередь, начала активно влиять на качество усвоения предметного содержания.

В качестве критериев эффективности были определены: 1) способность обучающихся самостоятельно применять химические закономерности в новых игровых ситуациях; 2) качественно наблюдаемая динамика снижения частоты типичных ошибок; 3) позитивные изменения показателей внутренней учебной мотивации и снижение уровня учебной тревожности. Оценка данных критериев проводилась качественным методом на основе вербальных индикаторов и наблюдательной фиксации, что соответствует итеративному дизайну исследования и исключает необходимость применения стандартизированных психометрических шкал.

Гетерогенный характер выборки и качественный дизайн исследования носят пилотный характер. Выборка формировалась по принципу доступности с учетом вариативности образовательного контекста. Полученные данные отражают общие педагогические тренды и потенциал формата, а не возрастно-специфические или когнитивные эффекты. Результаты носят пилотный, формирующий характер и требуют верификации на стандартизированных выборках.

Результаты исследования / Research results

Основным результатом работы стало создание серии из пяти настольных образовательных игр по химии, каждая из которых представляет собой автономный инструмент формирования предметного мышления через механику, в которых игровые действия воспроизводят причинно-следственные связи в химии. Выбор тематических блоков опирался на многолетний преподавательский опыт, выявивший устойчивые затруднения обучающихся именно в данных разделах, что обеспечило высокую практическую адресность разработок. Апробация подтвердила качество и полезность разработанных инструментов в решении выявленных педагогических задач.

1. Игра «Химическое лото» (см. рис. 1)

Выявленная проблема: обучающиеся традиционно затрудняются в быстрой идентификации элементов, путают символы, названия, порядковые номера и атомные массы, не видят связи между этими параметрами и положением в Периодической системе. Абстрактные символы воспринимаются как произвольный набор знаков.

Игровое решение: карточки содержат символы, полные названия, порядковые номера и атомные массы элементов. В отличие от стандартного лото, игровое поле карточек воспроизводит логику Периодической системы: восемь столбцов соответствуют

основным группам, а элементы расположены в строгом соответствии с их принадлежностью. Участники сопоставляют их с игровыми полями-таблицами в режиме ограниченного времени. Механика трансформирует пассивное запоминание в активное узнавание, формируя устойчивые зрительно-логические ассоциации, необходимые для быстрого ориентирования в химических формулах. Абстрактные символы Периодической системы Д. И. Менделеева приобретают конкретный научный смысл.

Подтвержденная полезность: механика ограниченного времени трансформирует пассивное запоминание в активное визуально-логическое сканирование таблицы. Участники перестают путать символы, названия и атомные массы, поскольку игровое поле воспроизводит структуру Периодической системы, а не является случайным набором ячеек. Повторные циклы выявляют и автоматически закрывают пробелы: ошибка в сопоставлении элемента становится очевидной для самого игрока и всех участников, что исключает необходимость внешней коррекции. Игра формирует устойчивую ассоциацию «символ – положение – номер – масса», необходимую для быстрого ориентирования в химических формулах.

2. Игра «Собери атом!» (см. рис. 2)

Выявленная проблема: квантово-механические правила заполнения орбиталей воспринимаются как формальность; обучающиеся путаются в правилах заполнения орбиталей, не понимают причинно-следственной связи между электронной конфигурацией, положением элемента и его химическими свойствами, а также возможностями их применения.

Игровое решение: участники последовательно размещают фишки-электроны на игровом поле-схеме атома, выстраивая электронные конфигурации согласно правилам заполнения орбиталей (правило Гунда, принцип Паули, правило Клечковского приведены на игровом поле), определяют полученный атом и отмечают его в таблице Менделеева. Есть встроенная система игровых бонусов и штрафов, повышающая вовлеченность и мотивацию участников. Механика позволяет на практике отследить прямую причинно-следственную связь между структурой внешнего уровня, положением элемента в Периодической системе и его типичными химическими свойствами.

Подтвержденная полезность: в отличие от традиционного заучивания правил Клечковского, Гунда и Паули, игровая механика требует последовательного физического размещения фишек-электронов на орбитальной схеме. Система игровых бонусов и штрафов («удвоение достижения», «пропуск хода» и др.) дополнительно стимулирует повторный анализ конфигурации, превращая освоение квантово-механических правил из формального запоминания в исследовательскую практику. Зафиксирован рост вовлеченности, способности аргументировать выбор орбитали, прогнозировать химические свойства по электронному строению.



Рис. 1. Внешний вид игры «Химическое лото»

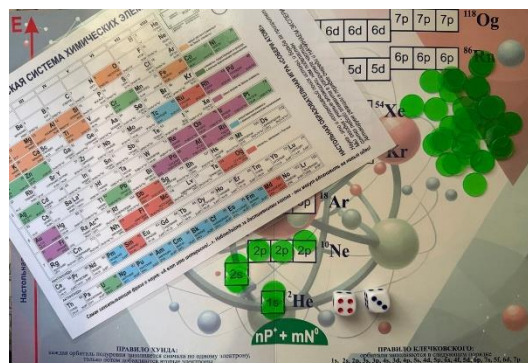


Рис. 2. Внешний вид игры «Собери атом!»

3. Игра «Химическое домино» (см. рис. 3)

Выявленная проблема: в традиционном подходе номенклатура ИЮПАК нередко воспринимается как формальный набор правил, что создает сложности при выстраивании логических связей между структурой вещества, его классификацией и систематическим названием. В результате дифференциация суффиксов и идентификация функциональных групп требуют от обучающихся значительных когнитивных усилий.

Игровое решение: механика стыковки плиток требует точного совпадения структурной формулы на одной половине плитки с корректным систематическим названием на другой. В качестве подсказки соответствующие формулы и название имеют одинаковый цвет. Игра учит различать основные классы органических соединений, распознавать функциональные группы и переводить механическое заучивание в практику установления структурно-функциональных связей.

Подтвержденная полезность: в отличие от механического заучивания суффиксов («-ол», «-аль», «-овая кислота» и др.), игра вынуждает устанавливать причинно-следственную связь: «какая группа – какой суффикс – какой класс». Участники начинают уверенно дифференцировать классы соединений, а когнитивная нагрузка снижается за счет наглядной визуализации структурно-функциональных связей. Встроенная логика стыковки трансформирует формальное запоминание правил ИЮПАК в практику установления химически обоснованных ассоциаций. Зафиксированный рост внутренней мотивации и готовность к повторным игровым циклам подтверждают диагностическую и формирующую ценность игры как инструмента развития структурно-химического мышления.

4. Игра «Собери молекулу!» (см. рис. 4)

Выявленная проблема: индексы в формулах веществ и стехиометрические коэффициенты в уравнениях реакций воспринимаются обучающимися как произвольные множители, подбираемые механически, что делает корректную балансировку уравнений невозможной, поскольку ошибка в индексе разрушает базовый стехиометрический модуль. Дополнительную сложность представляет расчет молекулярной (формульной) массы, особенно для соединений, содержащих сложные ионы (например, сульфаты, нитраты, карбонаты, гидроксиды). Обучающиеся часто допускают типичные ошибки: не учитывают индекс за скобками при расчете массы многоатомного иона, путают атомную массу элемента с массой иона, неправильно суммируют массы при наличии нескольких одинаковых групп.

Игровое решение: участники комбинируют карточки катионов и анионов с разными зарядами, руководствуясь правилами электронейтральности соединений (формульных единиц). Карты инертных газов, которые не образуют соединений с другими элементами при стандартных условиях, выступают в качестве игровых абстракций для совершения какого-либо действия (например, «пропуск хода», «смена направления» или «принудительный обмен»), поддерживают динамику игры и стимулируют участников к дальнейшей работе. Важным элементом механики является обязательный расчет молекулярной (формульной) массы собранного соединения: для фиксации хода игрок должен корректно просуммировать атомные массы всех входящих элементов с учетом индексов. Условием победы в раунде становится сбор соединений с наибольшей суммарной молекулярной массой. Данная механика формирует понимание физического смысла стехиометрических коэффициентов в урав-

нениях реакций, закрепляет навык составления химических формул и отработки количественных расчетов без опоры на готовые таблицы. Игра стала лауреатом Гран-при в номинации «Лучшая образовательная игра» конвента авторов и издателей настольных игр «Граникон-2024» в Санкт-Петербурге [30].

Подтвержденная полезность: ключевая особенность игры – критерий победы, основанный на суммарной молекулярной (формульной) массе собранных соединений. Участник не может ограничиться простым комбинированием катионов и анионов по принципу электронейтральности: он вынужден оперативно обращаться к Периодической системе, точно учитывать атомные массы и индексы (в том числе за скобками для сложных ионов). Ошибка в расчете массы обесценивает стратегически выгодную комбинацию карточек, что превращает арифметические операции из формальности в ключевой элемент тактики. Механика также естественным образом подводит к пониманию стехиометрических коэффициентов: объединение нескольких формульных единиц в реакции возникает как необходимость сохранения атомов, а не как абстрактное алгебраическое действие. Игра исключает механическое угадывание формул и формирует навык осознанного количественного анализа. Участники перестают воспринимать индексы как произвольные множители.

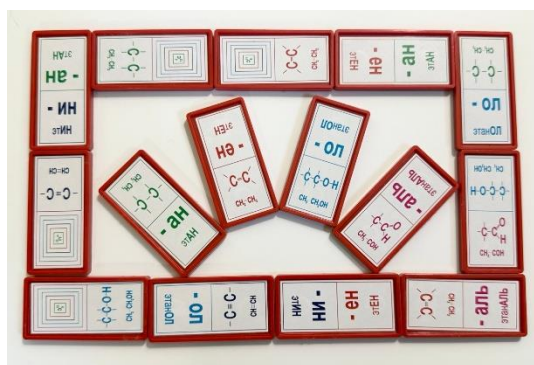


Рис. 3. Внешний вид игры «Химическое домино»



Рис. 4. Внешний вид игры «Собери молекулу!»

5. Игра «Химия тока» (см. рис. 5)

Выявленная проблема: ряд стандартных электродных потенциалов остается статичной таблицей для зубрежки; студенты путают процессы на катоде и аноде, не понимают конкуренции разряда ионов с водой, затрудняются в расчете электродвижущей силы (ЭДС) и различении самопроизвольных и вынужденных процессов.

Игровое решение: стратегическая игра, переводящая ряд стандартных электродных потенциалов из статичной таблицы в тактическую модель. Участники моделируют работу гальванических элементов и электролизеров. Победа зависит от корректного применения ряда напряжений металлов, учета конкурентного влияния воды, температурного влияния и принципов расчета ЭДС, исходя из потенциалов восстановления ионов металлов. Механика наглядно демонстрирует различия между самопроизвольными и вынужденными электрохимическими процессами, а также отрабатывает стехиометрию электронного баланса в условиях игрового выбора.

Подтвержденная полезность: игра переводит статичный ряд стандартных электродных потенциалов из справочной таблицы в активную тактическую модель. Участник, выбирая металлы для гальванического элемента или электролизера, должен самостоятельно определить, какой процесс будет на катоде, какой на аноде, и не

забыть про конкурентное восстановление воды (для металлов до алюминия включительно). Механика принципиально различает самопроизвольные (гальванический элемент) и вынужденные (электролиз) процессы: в первом случае побеждает тот, кто набирает наибольшую ЭДС, во втором – тот, кто точнее предсказывает порядок ряда ионов. Расчет ЭДС трансформируется из абстрактного алгебраического действия в инструмент прогнозирования игрового результата, что свидетельствует о переходе от механического запоминания ряда напряжений к пониманию его физико-химической логики. Участники начинают интуитивно различать условия самопроизвольного и вынужденного протекания реакций.



Рис. 5. Внешний вид игры
«Химия тока»

Апробация серии проводилась не как самостоятельное исследование эффективности, а как инструмент верификации качества разработанных инструментов. Полученные данные подтвердили следующее:

1. Ясность и автономность: в финальных версиях правил, апробированных в 2024–2025 годах, большинство участников осваивали механику без дополнительных разъяснений после первого цикла, что свидетельствует о методической проработке правил игр и самодостаточности механик.

2. Диагностическая функция: первоначальные игровые сессии четко выявляли типичные пробелы (нарушение правила октета, путаница в суффиксах, ошибки в определении зарядов электродов), что подтверждает адекватность механик как моделей химических закономерностей.

3. Коррекционный потенциал: с каждым последующим циклом количество обращений к преподавателю и частота ошибок демонстрировали устойчивую тенденцию к снижению, что свидетельствует о способности игр обеспечивать самостоятельную коррекцию знаний через внутреннюю логику.

4. Индикативная роль: игровой процесс выступал объективным индикатором прогресса – качественный сдвиг от репродуктивного воспроизведения к причинно-следственному обоснованию фиксировался через вербальные маркеры и поведенческие индикаторы (снижение пауз перед решением, изменение отношения к ошибке).

5. Мотивационный эффект: преобладающая часть участников подтвердила готовность к повторному использованию игр; представители взрослой аудитории отмечали компенсаторный потенциал формата для восполнения пробелов базовой подготовки.

Разработка, прототипирование и апробация серии были выполнены автором без целевого финансирования. Это доказывает принципиальную реализуемость подхода в условиях ограниченных ресурсов, но одновременно обнажает три барьера для мас-

сового тиражирования: высокая трудоемкость научно-методической работы (верификация содержания, конструирование правил, итерационные доработки), затраты на полиграфию и упаковку (качественный картон, фишки, коробки), а также низкую коммерческую привлекательность нишевого образовательного продукта.

Для перехода от единичных разработок к массовой педагогической практике необходима институциональная поддержка по трем направлениям: 1) гранты и субсидии на трудозатраты, экспертизу и пилотные тиражи; 2) включение игрового дизайна в программы педагогической подготовки будущих учителей; 3) создание открытой базы верифицированных игр с правилами и макетами для свободного распространения. Только сочетание низкого порога воспроизведения и институциональных ресурсов позволит масштабировать методически строгие игры без потери научного качества.

Ограничения исследования включают гетерогенную выборку и качественный дизайн, что не позволяет делать возрастнo-специфические выводы. Тем не менее устойчивые тренды (снижение запросов на валидацию, рост готовности к повторным циклам) указывают на потенциал формата для формирования предметного мышления.

Заключение / Conclusion

Проведенная работа подтверждает, что разработка автономных настольных образовательных игр с научно обоснованной механикой представляет собой перспективное направление совершенствования естественно-научного образования.

Основной результат – создание серии из пяти игр, каждая из которых представляет собой самодостаточный инструмент формирования предметного мышления через игровую механику как структурную метафору химической закономерности. Выбор тематических блоков опирался на многолетний преподавательский опыт, выявивший устойчивые затруднения обучающихся именно в данных разделах, что обеспечило высокую практическую адресность разработок.

Разработанные инструменты соответствуют требованиям ФГОС к формированию универсальных учебных действий: познавательных (анализ, моделирование), регулятивных (самоконтроль, коррекция) и коммуникативных (аргументация хода в групповой игре).

Апробация подтвердила качество и полезность разработанных инструментов: игры эффективно диагностируют пробелы в знаниях, обеспечивают их самостоятельную коррекцию и служат объективным индикатором прогресса.

Ключевые принципы разработки, сформулированные по итогам работы:

1. Механика должна быть прямой метафорой научной закономерности, а не внешней оболочкой для тестовых заданий.

2. Игра должна функционировать автономно, обеспечивая самокоррекцию ошибок через правила.

3. Внедрение игр должно сопровождаться позиционированием как интеллектуального досуга, где ценность процесса познания приоритетнее оценки результата.

4. Проектирование компонентов должно обеспечивать низкую себестоимость и технологическую доступность тиражирования.

Дальнейшее развитие направления видится в масштабировании подхода на другие дисциплины, институционализации опыта через программы педагогической подготовки и формировании открытой базы научно обоснованных образовательных игр.

Ссылки на источники / References

1. Стародубцева М. А., Лазарев В. М. Отношение учителей-предметников и учеников 10–11 классов к игровым методам обучения в химии // Успехи в химии и химической технологии. – 2008. – Т. 22, № 2(82). – С. 108. EDN QZVMKP.
2. Кочергина Н. И., Бобрешова И. Ю., Насонова Т. И. Использование игровых методов обучения при изучении химии как средство повышения познавательной активности и качества знаний // Тенденции развития науки и образования. – 2021. – № 70-4. – С. 100. DOI: 10.18411/lj-02-2021-140. EDN JPZPAB.
3. Стахеева О. С. Игровые технологии как метод обучения студентов с ограниченными возможностями здоровья // Образование: Ресурсы развития. Вестник ЛОИРО. – 2021. – № 3. – С. 68. EDN VGGIDW.
4. Растегаева В. С., Плешакова Е. В. Использование игровых методов при обучении основам химической токсикологии в рамках экологического воспитания школьников // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Химия. Биология. Экология. – 2021. – Т. 21, № 3. – С. 305. DOI: 10.18500/1816-9775-2021-21-3-304-308. EDN ZFTUGQ.
5. Kalogiannakis M., Papadakis S., Zourmpakis A. I. Gamification in Science Education. A Systematic Review of the Literature // Education Sciences. – 2021. – Vol. 11, No. 1. – P. 6. DOI: 10.3390/educsci11010022. EDN YPVMFK.
6. Гавронская Ю. Ю. Геймификация обучения химии: определенность и сомнения // Методика преподавания в современной школе: актуальные проблемы и инновационные решения: материалы II Российско-узбекской науч.-практ. конф., Ташкент, 15–16 ноября 2024 года. – СПб.: Российский государственный педагогический университет им. А. И. Герцена, 2024. – С. 447. EDN EIMXTC.
7. Almufarreh A. Gamification in Education and Its Impact on Student Academic Performance: A Conceptual Model Based on Systematic Literature Review and PLS-SEM Analysis // Algorithms. – 2026. – Vol. 19, no. 2. – Art. 143. – P. 3.
8. Oliveira W., Dantas Scaico P., Hamari J., Isotani S. The Effects of Gamification on Students' Academic Performance // Technology, Knowledge and Learning. – 2026. – P. 14. Advance online publication. DOI: 10.1007/s10758-026-09971-w.
9. Гочияева М. Д., Аджиев Р. Д., Батчаева А. М. Игровые технологии как метод обучения в современном образовании // Тенденции развития науки и образования. – 2023. – № 101-1. – С. 23. DOI: 10.18411/trnio-09-2023-06. EDN QEPUNA.
10. Асташова Н. А., Бондырева С. К., Попова О. С. Ресурсы геймификации в образовании: теоретический подход // Образование и наука. – 2023. – Т. 25, № 1. – С. 22. DOI: 10.17853/1994-5639-2023-1-15-49. EDN PAQLLM.
11. Hong Yu., Saab N., Admiraal W. Approaches and game elements used to tailor digital gamification for learning: A systematic literature review // Computers & Education. – 2024. – Vol. 212. – P. 4. DOI: 10.1016/j.compedu.2024.105000. EDN LBIYQL.
12. Ruiz Ju. Ju. R., Sanchez A. D. V., Figueredo O. R. B. Impact of gamification on school engagement: a systematic review // Frontiers in Education. – 2024. – Vol. 9. – P. 5. DOI: 10.3389/feduc.2024.1466926. EDN EKJZFM.
13. Верховский В. Н., Гольдфарб Я. Л., Сморгонский Л. М. Методика преподавания химии в средней школе. – М.; Л.: Государственное учебно-педагогическое издательство, 1934. – С. 2.
14. Телешов С. В., Телешова Е. В. Творец Российской методики (150-летию В. Н. Верховского посвящается) // Наука и вузы – химическому образованию: проблемы и пути их решения: материалы VII Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 90-летию ЮУрГГПУ, естественно-технологического факультета и кафедры химии, экологии и методики обучения химии, Челябинск, 16–18 апреля 2024 года. – Челябинск: Южно-Уральский государственный гуманитарно-педагогический университет, 2024. – С. 28. EDN JSRJQC.
15. Игровой метод в обучении химии: [учеб. пособие для студентов фармац. спец.] / Н. И. Калетина и др. – М.: Высш. шк., 1990. – 175, [1] с.: ил.; 21 см.
16. Штремплер Г. И., Пичугина Г. А. Дидактические игры при обучении химии. – М.: Дрофа, 2005. – 93 с.
17. Кузнецова А. Ю., Шевчук Е. П., Сорока Д. С., Орлова Ю. А. Игровые методы обучения и воспитания при обучении физике // Актуальные научные исследования в современном мире. – 2018. – № 12-4(44). – С. 85. EDN YWVRET.
18. Привалова Н. М., Двадненко М. В., Бурлака С. Д. Игровые интерактивные методы обучения в высшей школе // Современные проблемы науки и образования. – 2018. – № 4. – С. 115. – URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=27951>
19. Алтенова Н. Т., Сергазина С. М. Игровые технологии в процессе обучения химии // Евразийский союз ученых. – 2020. – № 10-3 (79). – С. 57.
20. Гаак К. В. Реализация игрового метода обучения на уроке обобщения по теме «Полимеры и полимерные материалы» // Парадигма. – 2022. – № 1. – С. 21. EDN SAVHNO.
21. Корсакова Е. А., Гавронская Ю. Ю., Давыдов В. Н. Основные принципы построения обучающих онлайн-курсов по химии с использованием геймификации // Актуальные проблемы химического и экологического образования. – СПб.: Изд-во РГПУ им. А. И. Герцена, 2024. – С. 61.
22. Вольнова Д. А., Космодемьянская С. С. Химическое UNO как вариант мультимодальной педагогики в подготовке современного учителя химии // Наука и практика в образовании: электронный научный журнал. – 2024. – Т. 5, № 4. – С. 133. DOI: 10.54158/27132838_2024_5_4_130. EDN FPELBZ.
23. Буханова У. Н., Черных И. В., Копаница М. А. [и др.] Опыт разработки и применения образовательной прикладной настольной игры при изучении фармацевтической химии // Личность в меняющемся мире: здоровье, адаптация, развитие. – 2023. – Т. 11, № 2(41). – С. 133. DOI: 10.23888/humJ2023112129-140. EDN MUAQFN.

24. ХимТим [Настольная игра] / разраб. Банда умников. – М.: Банда умников, 2020. – 2–5 игроков, от 7 лет, 20–40 мин. – URL: <https://22games.net/shop/himtim/>
 25. Сон Менделеева. 2-е изд. [Настольная игра] / авт.-разраб. Казанцев А., Казанцев М.; изд. СИМПЛРОБОТ. – М.: СИМПЛРОБОТ, 2024. – 1–4 игрока, от 8 лет, 15–30 мин. – URL: https://tesera.ru/game/son_mendeleeva_2/
 26. Занимательная Химия. Серия «Исследования Qiddycome» [Набор опытов с элементами игры] / разраб. Qiddycome. – СПб.: GaGa.ru, б. г. – от 10 лет, ~30 мин. – Состав: реактивы, посуда, защитные очки. – URL: <https://gaga.ru/game/children-chemistry/>
 27. Настольная химическая игра «Наука» // Сайнсли – детский научно-популярный проект. – М.: ООО «Ю Маркетинг». – URL: <https://sciencely.ru/kits>
 28. Настольная игра «Элементарно» // ООО «ИНТЕГРАЛ-ПРЕСС». – URL: <https://www.creativepuzzle.ru/>
 29. Гочияева М. Д., Аджиев Р. Д., Батчаева А. М. Игровые технологии как метод обучения в современном образовании // Тенденции развития науки и образования. – 2023. – № 101-1. – С. 23. DOI: 10.18411/trnio-09-2023-06. EDN QEPUNA.
 30. Преподаватель КНИТУ-КАИ разработала образовательную игру по химии / Пресс-служба // Казанский национальный исследовательский технический университет им. А. Н. Туполева – КАИ: официальный сайт. – 25.04.2024. – URL: <https://kai.ru/news/new?id=13187577>
-
1. Starodubceva, M. A., & Lazarev, V. M. (2008). "Otnoshenie uchitelej-predmetnikov i uchenikov 10–11 klassov k igrovym metodam obucheniya v himii" [Attitudes of subject teachers and students in grades 10–11 to game-based instruction methods in chemistry], *Uspekhi v himii i himicheskoy tekhnologii*, t. 22, № 2(82), p. 108. EDN QZVMKP (in Russian).
 2. Kochergina, N. I., Bobreshova, I. Yu., & Nasonova, T. I. (2021). "Ispol'zovanie igrovyykh metodov obucheniya pri izuchenii himii kak sredstvo povysheniya poznavatel'noy aktivnosti i kachestva znaniy" [The use of game-based instruction methods in the study of chemistry as a means of improving cognitive activity and the quality of knowledge], *Tendencii razvitiya nauki i obrazovaniya*, № 70-4, p. 100. DOI: 10.18411/lj-02-2021-140. EDN JPZPAB (in Russian).
 3. Staheeva, O. S. (2021). "Igrovyte tekhnologii kak metod obucheniya studentov s ogranichennymi vozmozhnostyami zdorov'ya" [Gaming technologies as a method of teaching students with disabilities], *Obrazovanie: Resursy razvitiya. Vestnik LOIRO*, № 3, p. 68. EDN VGGIDW (in Russian).
 4. Rastegaeva, V. S., & Pleshakova, E. V. (2021). "Ispol'zovanie igrovyykh metodov pri obuchenii osnovam himicheskoy toksikologii v ramkah ekologicheskogo vospitaniya shkol'nikov" [The use of game methods in teaching the basics of chemical toxicology as part of environmental education of schoolchildren], *Izvestiya Saratovskogo universiteta. Novaya seriya. Seriya: Himiya. Biologiya. Ekologiya*, t. 21, № 3, p. 305. DOI: 10.18500/1816-9775-2021-21-3-304-308. EDN ZFTUGQ (in Russian).
 5. Kalogiannakis, M., Papadakis, S., & Zourmpakis, A. I. (2021). "Gamification in Science Education. A Systematic Review of the Literature", *Education Sciences*, vol. 11, no. 1, p. 6. DOI: 10.3390/educsci11010022. EDN YPVMFK (in English).
 6. Gavronskaya, Yu. Yu. (2024). "Gejmifikatsiya obucheniya himii: opredelennost' i somneniya" [Gamification of Chemistry Teaching: Certainties and Doubts], *Metodika prepodavaniya v sovremennoy shkole: aktual'nye problemy i innovatsionnye resheniya: materialy II Rossijsko-uzbekskoj nauch.-prakt. konf., Tashkent, 15–16 noyabrya 2024 goda*, Rossijskij gosudarstvennyj pedagogicheskij uni-versitet im. A. I. Gercena, St. Petersburg, p. 447. EDN EIMXTC (in Russian).
 7. Almufarreh, A. (2026). "Gamification in Education and Its Impact on Student Academic Performance: A Conceptual Model Based on Systematic Literature Review and PLS-SEM Analysis", *Algorithms*, vol. 19, no. 2, Art. 143, p. 3 (in English).
 8. Oliveira, W., Dantas Scaico, P., Hamari, J., & Isotani, S. (2026). "The Effects of Gamification on Students' Academic Performance, Technology", *Knowledge and Learning*, p. 14. Advance online publication. DOI: 10.1007/s10758-026-09971-w (in English).
 9. Gochiyaeva, M. D., Adzhiev, R. D., & Batchaeva, A. M. (2023). "Igrovyte tekhnologii kak metod obucheniya v sovremennoy obrazovanii" [Gaming technologies as a teaching method in modern education], *Tendencii razvitiya nauki i obrazovaniya*, № 101-1, p. 23. DOI: 10.18411/trnio-09-2023-06. EDN QEPUNA (in Russian).
 10. Astashova, N. A., Bondyreva, S. K., & Popova, O. S. (2023). "Resursy gejmifikatsii v obrazovanii: teoreticheskij podhod" [Gamification Resources in Education: A Theoretical Approach], *Obrazovanie i nauka*, t. 25, № 1, p. 22. DOI: 10.17853/1994-5639-2023-1-15-49. EDN PAQLLM (in Russian).
 11. Hong, Yu., Saab, N., & Admiraal, W. (2024). "Approaches and game elements used to tailor digital gamification for learning: A systematic literature review", *Computers & Education*, vol. 212, p. 4. DOI: 10.1016/j.compedu.2024.105000. EDN LBIYQL (in English).
 12. Ruiz, Ju. Ju. R., Sanchez, A. D. V., & Figueredo, O. R. B. (2024). "Impact of gamification on school engagement: a systematic review", *Frontiers in Education*, vol. 9, p. 5. DOI: 10.3389/feduc.2024.1466926. EDN EKJZFM (in English).

13. Verhovskij, V. N., Gol'dfarb, Ya. L., & Smorgonskij, L. M. (1934). *Metodika prepodavaniya himii v srednej shkole* [Methods of teaching chemistry in secondary school], Gosudarstvennoe uchebno-pedagogicheskoe izdatel'stvo, Moscow, p. 2 (in Russian).
14. Teleshov, S. V., & Teleshova, E. V. (2024). "Tvorec Rossijskoj metodiki (150-letiyu V. N. Verhovskogo posvyashchaetsya)" [The creator of the Russian methodology (dedicated to the 150th anniversary of V.N. Verkhovsky)], *Nauka i vuzy – himicheskomu obrazovaniju: problemy i puti ih resheniya: materialy VII Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., posvyashch. 90-letiyu YuUrGGPU, estestvenno-tekhnologicheskogo fakul'teta i kafedry himii, ekologii i metodiki obucheniya himii, Chelyabinsk, 16–18 aprelya 2024 goda*, Yuzhno-Ural'skij gosudarstvennyj gumanitarno-pedagogicheskij universitet, Chelyabinsk, p. 28. EDN JSRJQC (in Russian).
15. Kaletina, N. I. et al. (1990). *Igrovoj metod v obuchenii himii* [The game-based method in teaching chemistry]: [ucheb. posobie dlya studentov farmac. spec.], Vyssh. shk., Moscow, 175, [1] p.: il.; 21 sm. (in Russian).
16. Shtrempler, G. I., & Pichugina, G. A. (2005). *Didakticheskie igry pri obuchenii himii* [Didactic games for teaching chemistry], Drofa, Moscow, 93 p. (in Russian).
17. Kuznecova, A. Yu., Shevchuk, E. P., Soroka, D. S., & Orlova, Yu. A. (2018). "Igrovye metody obucheniya i vospitaniya pri obuchenii fizike" [Game-based teaching and learning methods in physics education], *Aktual'nye nauchnye issledovaniya v sovremennom mire*, № 12-4(44), p. 85. EDN YWVRET (in Russian).
18. Privalova, N. M., Dvadenko, M. V., & Burlaka, S. D. (2018). "Igrovye interaktivnye metody obucheniya v vysshej shkole" [Game-based interactive teaching methods in higher studies], *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*, № 4, p. 115. Available at: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=27951> (in Russian).
19. Altenova, N. T., & Sergazina, S. M. (2020). "Igrovye tekhnologii v processe obucheniya himii" [Gaming technologies in the process of teaching chemistry], *Evrazijskij soyuz uchenyh*, № 10-3 (79), p. 57 (in Russian).
20. Gaak, K. V. (2022). "Realizaciya igrovogo metoda obucheniya na uroke obobshcheniya po teme "Polimery i polimernye materialy" [Implementation of a game-based teaching method in a generalization lesson on the topic "Polymers and polymeric materials"], *Paradigma*, № 1, p. 21. EDN SAVHNO (in Russian).
21. Korsakova, E. A., Gavronskaia, Yu. Yu., & Davydov, V. N. (2024). "Osnovnye principy postroeniya obuchayushchih onlajn-kursov po himii s ispol'zovaniem gejmifikacii" [Basic principles of designing online chemistry courses using gamification], *Aktual'nye problemy himicheskogo i ekologicheskogo obrazovaniya*, St. Petersburg Izd-vo RGPU im. A. I. Gercena, p. 61 (in Russian).
22. Vol'nova, D. A., & Kosmodem'yanskaya, S. S. (2024). "Himicheskoe UNO kak variant mul'timodal'noj pedagogiki v podgotovke sovremennogo uchitelya himii" [Chemical UNO as a variant of multimodal pedagogy in the training of a modern chemistry teacher], *Nauka i praktika v obrazovanii: elektronnyj nauchnyj zhurnal*, t. 5, № 4, p. 133. DOI: 10.54158/27132838_2024_5_4_130. EDN FPELBZ (in Russian).
23. Buhanova, U. N., Chernyh, I. V., Kopanica, M. A. et al. (2023). "Opyt razrabotki i primeneniya obrazovatel'noj prikladnoj nastol'noj igry pri izuchenii farmacevticheskoy himii" [Practical development and application of an educational applied board game in the study of pharmaceutical chemistry], *Lichnost' v menyayushchemsya mire: zdorov'e, adaptaciya, razvitie*, t. 11, № 2(41), p. 133. DOI: 10.23888/humJ2023112129-140. EDN MUAQFN (in Russian).
24. (2020). *HimTim (Nastol'naya igra)* [ChemTeam (Board Game)], razrab. Banda umnikov, Banda umnikov, Moscow, 2–5 igrokov, ot 7 let, 20–40 min. Available at: <https://22games.net/shop/himtim/> (in Russian).
25. Kazancev, A., & Kazancev, M. (2024). *Son Mendeleeva. 2-e izd. [Nastol'naya igra]* [Mendeleev's Dream. 2nd edition [Board game]], SIMPLROBOT, Moscow, 1–4 igroka, ot 8 let, 15–30 min. Available at: https://tesera.ru/game/son_mendeleeva_2/ (in Russian).
26. *Zanimatel'naya Himiya. Seriya "Issledovaniya Qiddycome"* [Nabor opytov s elementami igry] [Entertaining Chemistry. The Qiddycome Research Series [A Set of Experiments with Game Elements]], razrab. Qiddycome, GaGa.ru, St. Petersburg, ot 10 let, ~30 min, Sostav: reaktivy, posuda, zashchitnye ochki. Available at: <https://gaga.ru/game/children-chemistry/> (in Russian).
27. *Nastol'naya himicheskaya igra "Nauka"* [Chemistry board game "Science"], *Sajnsli – detskij nauchno-populyarnyj proekt*, Moscow. Available at: <https://sciencely.ru/kits> (in Russian).
28. *Nastol'naya igra "Elementarno"* [Board game "Elementary"], ООО "INTEGRAL-PRESS". Available at: <https://www.creativepuzzle.ru/> (in Russian).
29. Gochiyaeva, M. D., Adzhiev, R. D., & Batchaeva, A. M. (2023). "Igrovye tekhnologii kak metod obucheniya v sovremennom obrazovanii" [Gaming technologies as a teaching method in modern education], *Tendencii razvitiya nauki i obrazovaniya*, № 101-1, p. 23. DOI: 10.18411/trnio-09-2023-06. EDN QEPUNA (in Russian).
30. "Prepodavatel' KNITU-KAI razrabotala obrazovatel'nuyu igru po himii" [A KNRTU-KAI teacher has developed an educational chemistry game], Press-sluzhba, *Kazanskij nacional'nyj issledovatel'skij tekhnicheskij universitet im. A. N. Tupoleva – KAI: oficial'nyj sayt*, 25.04.2024. Available at: <https://kai.ru/news/new?id=13187577> (in Russian).