

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБУЧЕНИИ ХИМИИ: СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ, ЦИФРОВЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ И АДАПТИВНЫЕ МОДЕЛИ

Д.Т. Исакова¹, PhD, доцент

С.Д. Аронбаев², д-р хим. наук, профессор

Л.Ш. Низамиева², студент

Д.М. Аронбаев², канд. хим. наук, доцент

¹Самаркандский государственный педагогический институт

²Самаркандский государственный университет им. Ш. Рашидова

^{1,2}(Узбекистан, г. Самарканд)

DOI:10.24412/2500-1000-2026-6-1-239-245

Аннотация. В статье рассмотрены современные инновационные подходы к преподаванию химии в условиях цифровой трансформации образования. Проведен анализ проблемно-ориентированного, адаптивного, игрового, проектного и смешанного обучения, а также применения виртуальных лабораторий, интерактивных платформ и мультимедийных средств визуализации химических процессов. Показано, что переход от традиционной репродуктивной модели обучения к исследовательско-коммуникативной парадигме способствует формированию критического мышления, повышению учебной мотивации и развитию исследовательских компетенций учащихся. Особое внимание уделено использованию цифровых симуляторов, виртуального эксперимента и персонализированных образовательных траекторий. Представлены авторские примеры интеграции инновационных технологий в преподавание тем «Электролитическая диссоциация», «Органическая химия», «Химическая кинетика» и «Электрохимические процессы». Установлено, что комбинированное использование цифровых платформ, проблемного обучения и проектной деятельности способствует увеличению качества усвоения материала, росту самостоятельности обучающихся и развитию навыков междисциплинарного анализа. Показано, что интеграция STEM-технологий и интерактивных цифровых ресурсов обеспечивает повышение качества усвоения учебного материала в среднем на 20-35%, а применение игровых методик и проектной деятельности способствует росту учебной вовлеченности и устойчивого интереса к изучению химии на 15-30%. Обозначены перспективы применения искусственного интеллекта, адаптивных платформ и гибридных форм обучения в системе химического образования.

Ключевые слова: химическое образование; цифровые технологии; виртуальная лаборатория; STEM; адаптивное обучение; проблемное обучение; игровые технологии; мультимедийное сопровождение.

Современное химическое образование развивается в условиях интенсивной цифровизации и интеграции междисциплинарных образовательных подходов. Традиционная модель преподавания, основанная преимущественно на воспроизведении готовых знаний, уже не обеспечивает необходимого уровня подготовки учащихся к деятельности в высокотехнологичном обществе. В связи с этим особую актуальность приобретают технологии, ориентированные на развитие исследовательского мышления, самостоятельного анализа информации и способности к решению комплексных практических задач [1-3].

В последние годы существенно возрос интерес к применению виртуальных лабораторий,

цифровых образовательных платформ и интерактивных симуляторов. Использование подобных средств позволяет не только повысить наглядность учебного процесса, но и существенно расширить возможности школьного химического эксперимента. Например, моделирование процессов электролиза, молекулярной геометрии или кинетики химических реакций в цифровой среде способствует формированию пространственного и системного мышления учащихся [4, 5].

Дополнительное значение приобретают технологии проблемного и проектного обучения. Постановка исследовательских задач, связанных с экологическими проблемами, переработкой отходов, анализом качества воды или

изучением состава пищевых продуктов, способствует развитию практико-ориентированных компетенций и формированию устойчивой познавательной мотивации [6].

Современные исследования показывают, что интеграция STEM-подходов и цифровых инструментов обеспечивает рост качества усвоения химического материала в среднем на 20-35% по сравнению с традиционными методами обучения [7, 8]. Особую роль при этом играют адаптивные системы обучения (АСО), позволяющие учитывать индивидуальные образовательные траектории и уровень подготовки учащихся [9].

Цель исследования – провести комплексный анализ современных инновационных технологий в обучении химии, включая проблемно-ориентированное, STEM- и адаптивное обучение, виртуальные лаборатории, игровые и цифровые образовательные платформы, а также оценить их влияние на формирование исследовательских компетенций, критического мышления, учебной мотивации и качества усвоения химических знаний обучающимися.

Материалы и методы

В исследовании использованы методы сравнительного педагогического анализа, контент-анализа современных публикаций 2020-2026 гг., элементы педагогического моделирования и обобщения практического опыта преподавания химии.

Анализировались публикации в следующих журналах: *Journal of Chemical Education*; *Chemistry Education Research and Practice*; *Education Sciences*; *Applied Sciences*; *International Journal of STEM Education*.

В качестве объектов исследования рассматривались следующие инновационные технологии:

- проблемно-ориентированное обучение (PBL);
- игровые методики;
- виртуальные химические лаборатории;

- адаптивные цифровые платформы;
- мультимедийные средства обучения;
- смешанное обучение;
- проектная деятельность;
- STEM- и STEAM-подходы.

Для оценки эффективности технологий анализировались:

- уровень успеваемости;
- степень вовлеченности учащихся;
- результаты итогового контроля;
- динамика познавательной активности;
- показатели самостоятельной исследовательской деятельности.

Результаты и обсуждение

Проблемно-ориентированное обучение

Проблемное обучение является одним из наиболее эффективных способов развития исследовательского мышления учащихся. В отличие от традиционной модели, ориентированной на передачу готовых знаний, проблемный подход предполагает самостоятельный поиск решения и построение логических выводов.

Например, при изучении темы «Ароматические углеводороды» учащимся предлагается объяснить противоречие между структурной формулой бензола Кекуле и его химическими свойствами. После демонстрации отсутствия взаимодействия бензола с бромной водой формируется проблемная ситуация, требующая поиска объяснения устойчивости ароматической системы.

Дополнительно могут использоваться экологические кейсы:

- моделирование кислотных дождей;
- анализ загрязнения водоемов нитратами;
- исследование влияния тяжелых металлов на окружающую среду.

Такие задания развивают навыки анализа, интерпретации данных и междисциплинарного мышления [9].

В таблице 1 приводится сравнение эффективности применения различных инновационных технологий в обучении химии.

Таблица 1. Эффективность различных инновационных технологий обучения химии

Технология	Основная цель	Педагогический эффект	Рост успеваемости
Проблемное обучение	Развитие критического мышления	Формирование исследовательских навыков	18-25%
Виртуальные лаборатории	Безопасное моделирование опытов	Улучшение визуализации	20-30%
Игровые технологии	Повышение мотивации	Рост вовлеченности	15-20%
Адаптивное обучение	Индивидуализация	Дифференциация сложности	22-35%
STEM-подход	Межпредметная интеграция	Развитие инженерного мышления	25-40%

Цифровые технологии и виртуальные лаборатории

Развитие цифровых платформ существенно расширило возможности преподавания химии. Виртуальные лаборатории позволяют моделировать процессы, которые невозможно провести в условиях школьного кабинета из-за высокой стоимости оборудования или требований безопасности [10-12].

Особенно эффективны цифровые симуляторы при изучении: электрохимии; строения молекул; органических реакций; термохимии; химической кинетики.

Например, виртуальное моделирование взаимодействия щелочных металлов натрия и

калия с водой позволяет детально рассмотреть механизм реакции без риска для учащихся. Аналогично могут демонстрироваться процессы горения водорода, электролиза растворов и реакции концентрированных кислот [10].

Использование 3D-моделей молекул улучшает понимание пространственного строения органических соединений. Практика показывает, что учащиеся значительно быстрее усваивают понятия гибридизации, изомерии и пространственной конфигурации при использовании интерактивных визуализаций [13].

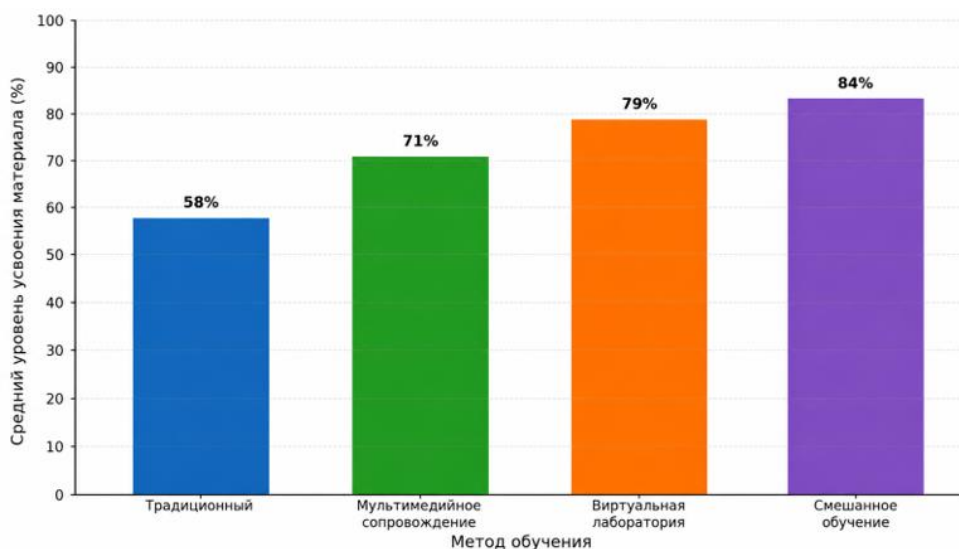


Рис. 1. Диаграмма изменения качества знаний при внедрении цифровых технологий

Игровые технологии

Игровые методики обеспечивают формирование эмоционально-положительной образовательной среды и значительно повышают мотивацию учащихся [14, 15].

Практика показывает, что наиболее эффективными формами являются: деловые игры; химические квесты; уроки-соревнования; брейн-ринги; ролевые экологические проекты.

Например, в рамках деловой игры «Экологическая экспертиза химического предприятия» учащиеся выполняют роли экологов, аналитиков, технологов и представителей контролирующих организаций. Такая форма работы способствует развитию коммуникативных навыков и системного мышления [16, 17].

При изучении темы «Химическая кинетика» может использоваться игровой сценарий расследования причин промышленной аварии,

связанной с нарушением температурного режима реактора. Учащиеся анализируют влияние температуры, концентрации реагентов и катализаторов на скорость реакции.

Адаптивное обучение и персонализация

Современные адаптивные платформы позволяют выстраивать индивидуальные образовательные траектории [18]. Уровень сложности заданий автоматически корректируется в зависимости от результатов учащегося.

Особенно эффективен данный подход при изучении:

- расчетных задач;
- химического равновесия;
- термодинамики;
- окислительно-восстановительных реакций.

Использование разноуровневых заданий способствует снижению тревожности учащихся и повышению уверенности в собственных возможностях.

Таблица 2. Пример разноуровневых заданий по теме «Электролитическая диссоциация»

Уровень	Тип задания	Пример
Базовый	Репродуктивный	Определить степень диссоциации
Средний	Аналитический	Объяснить различие сильных и слабых электролитов
Высокий	Исследовательский	Смоделировать изменение электропроводности раствора

STEM-подход и проектное обучение

Интеграция химии с физикой, биологией, экологией и инженерными дисциплинами способствует формированию комплексного научного мировоззрения [19, 20].

Примеры проектной деятельности:

- анализ качества питьевой воды;
- исследование кислотности почв;

- определение содержания нитратов в овощах;
- моделирование процессов очистки сточных вод;
- разработка экологически безопасных упаковочных материалов.

Такие проекты позволяют связать теоретические знания с реальными практическими задачами.

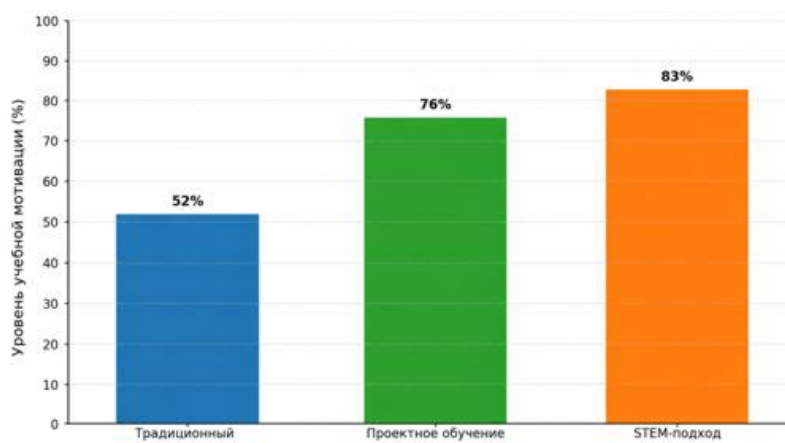


Рис. 2. Диаграмма влияния проектного обучения на мотивацию учащихся

Искусственный интеллект и цифровая аналитика

Одним из наиболее перспективных направлений является использование систем искусственного интеллекта в обучении химии [21, 22]. Современные платформы способны:

- анализировать ошибки учащихся;
- формировать индивидуальные рекомендации;
- подбирать задания различной сложности;

- прогнозировать уровень усвоения материала.

Дополнительно ИИ-инструменты позволяют генерировать интерактивные модели молекул, создавать виртуальные эксперименты и автоматизировать проверку расчетных задач.

Однако использование подобных технологий требует развития цифровой грамотности преподавателей и критической оценки

достоверности автоматически генерируемой информации.

Заключение

Инновационные технологии существенно трансформируют современное химическое образование, переводя его от информационно-репродуктивной модели к исследовательско-коммуникативной образовательной парадигме. Интеграция проблемного обучения, цифровых платформ, виртуальных лабораторий, STEM-подходов и адаптивных систем обеспечивает формирование критического мышления, развитие исследовательских компетенций и повышение учебной мотивации учащихся.

Установлено, что наиболее высокой эффективностью обладают комбинированные модели обучения, сочетающие элементы проектной деятельности, цифрового сопровождения и практико-ориентированных заданий.

Использование виртуального эксперимента значительно расширяет возможности демонстрации химических процессов и повышает безопасность учебного процесса.

Показано, что игровые технологии и персонализированные образовательные траектории способствуют росту вовлеченности обучающихся и формированию устойчивого интереса к изучению химии. Дополнительные перспективы связаны с внедрением систем искусственного интеллекта, аналитических платформ и интеллектуальных образовательных сред.

Таким образом, развитие инновационных педагогических технологий является одним из ключевых направлений модернизации химического образования и подготовки учащихся к профессиональной деятельности в условиях высокотехнологичного общества.

Библиографический список

1. Mitarlis I.S., Rahayu S., Sutrisno. The effectiveness of new inquiry-based learning for improving higher-order thinking skills of prospective chemistry teachers // *European Journal of Educational Research*. – 2020. – Vol. 9, № 3. – P. 1309-1325. – DOI: 10.12973/eu-jer.9.3.1309.
2. Gazali F., Rahayu S., Munzil M. Systematic literature review on the application of Problem-Based Learning model in chemistry education // *Eclética Química*. – 2025. – Vol. 50. – P. e15988. – DOI: 10.26850/1678-4618.eq.v50.2025.e15988.
3. Peña-Martínez J., Li M., Cano-Ortiz A. Reimagining Chemistry Education Through TikTok and Digital Portfolios // *Applied Sciences*. – 2025. – Vol. 15. – P. 7711. – DOI: 10.3390/app15147711.
4. Hagos T., Lemma A. Problem-based learning with scaffolding assisted by mobile technology in chemistry education // *Chemistry Education Research and Practice*. – 2026. – Vol. 27. – P. 185-212. – DOI: 10.1039/D5RP00209E.
5. Weymuth T., Reiher M. Immersive Interactive Quantum Mechanics for Teaching and Learning Chemistry // *Journal of Chemical Physics*. – 2020. – DOI: 10.48550/arXiv.2011.03256.
6. Rüschenpöhler L., Schneider M., Markic S. Secondary School Teachers' Beliefs about Culture in Chemistry Class // *Journal of Chemical Education*. – 2024. – Vol. 101, № 10. – P. 4083-4092. – DOI: 10.1021/acs.jchemed.4c00404.
7. Suciana D., Hartinawati, Sausan I., Meliza. A Meta-Analysis Study: The Effect of Problem Based Learning Integrated with STEM on Learning Outcomes // *European Journal of Education and Pedagogy*. – 2023. – Vol. 4, № 2. – P. 133-138. – DOI: 10.24018/ejedu.2023.4.2.619.
8. Suherman S., Vidákovich T., Mujib M., Hidayatulloh H., Andari T., Susanti V.D. The Role of STEM Teaching in Education: An Empirical Study to Enhance Creativity and Computational Thinking // *Journal of Intelligence*. – 2025. – Vol. 13, № 7. – P. 88. – DOI: 10.3390/jintelligence13070088.
9. Orgill M., York S., MacKellar J. Introduction to Systems Thinking for the Chemistry Education Community // *Journal of Chemical Education*. – 2019. – Vol. 96, № 12. – P. 2720–2729. – DOI: 10.1021/acs.jchemed.9b00169.
10. Kayumov J., Usmanov D., Yusupova U., Smanova Z., Rasulev B. Exploring Chemistry in Virtual Reality: A Comparative Analysis of VR Simulations for Chemistry Education // *Applied Sciences*. – 2025. – Vol. 15. – P. 13254. – DOI: 10.3390/app152413254.
11. Chiu A., Linn M. Interactive visualization and chemistry learning outcomes // *Journal of Chemical Education*. – 2021. – Vol. 98. – P. 2251-2260. – DOI: 10.1021/acs.jchemed.1c00185.

12. Alhashem F., Alfaiakawi A. Technology-enhanced learning through virtual laboratories in chemistry education // *Contemporary Educational Technology*. – 2023. – Vol. 15, № 4. – Article ep474. – DOI: 10.30935/cedtech/13739.
13. Ali N., Ullah S. Review to analyze and compare virtual chemistry laboratories for their use in education // *Journal of Chemical Education*. – 2020. – Vol. 97, № 10. – P. 3563-3574. – DOI: 10.1021/acs.jchemed.0c00185.
14. Elmali S., Yaman F. A systematic literature review of game-based approaches in chemistry education (2014-2024) // *Chemistry Education Research and Practice*. – 2026. – Vol. 27. – DOI: 10.1039/D5RP00248F.
15. Kalogiannakis M., Papadakis S., Zourmpakis A.-I. Gamification in Science Education. A Systematic Review of the Literature // *Education Sciences*. – 2021. – Vol. 11. – P. 22. – DOI: 10.3390/educsci11010022.
16. Lutfi A., Aftinia F., Permani B.E. Gamification: Game as a medium for learning chemistry to motivate and increase retention of students' learning outcomes // *Journal of Technology and Science Education*. – 2023. – Vol. 13, № 1. – P. 193-207. – DOI: 10.3926/jotse.1842.
17. López-Fernández M.D.M., Cano-Iglesias M.J., Franco-Mariscal A.J. Chemistry inquiry conducted by secondary school students to foster sustainability awareness // *RSC Sustainability*. – 2025. – Vol. 3. – P. 3997-4019. – DOI: 10.1039/D5SU00176E.
18. Martin P.P., Kubsch M., Yik B.J., Burlingham B.T., Graulich N. Adaptive, but equitable? Exploring the impact of machine learning-based adaptive support on educational debts in undergraduate chemistry // *Science Education*. – 2026. – Vol. 110, № 3. – P. 928. – DOI: 10.1002/sce.70042.
19. Ijirana A.S., Supriadi M. Critical thinking skills of chemistry education students in team project-based STEM-metacognitive skills learning during the COVID-19 pandemic // *Journal of Technology and Science Education*. – 2022. – Vol. 12, № 2. – P. 397-409. – DOI: 10.3926/jotse.1697.
20. Smith K., Maynard N., Berry A., Stephenson T., Spiteri T., Corrigan D., Mansfield J., Ellerton P., Smith T. Principles of Problem-Based Learning (PBL) in STEM Education: Using Expert Wisdom and Research to Frame Educational Practice // *Education Sciences*. – 2022. – Vol. 12, № 10. – DOI: 10.3390/educsci12100728.
21. dos Santos R.P. Enhancing Chemistry Learning with ChatGPT and Bing Chat // *Education Sciences*. – 2023. – DOI: 10.48550/arXiv.2305.11890.
22. Kim J., Cho H., Jeon H., Jung J., Han S. Reactive Machine Learning Interatomic Potentials for Chemistry and Materials Science // *Chemical Reviews*. – 2026. – Vol. 126, № 8. – P. 4467-4510. – DOI: 10.1021/acs.chemrev.5c00728.

INNOVATIVE TECHNOLOGIES IN CHEMISTRY EDUCATION: MODERN APPROACHES, DIGITAL TOOLS, AND ADAPTIVE MODELS

D.T. Isakova¹, *PhD, Associate Professor*

S.D. Aronbaev², *Doctor of Chemical Sciences, Professor*

L.Sh. Nizamieva², *Student*

D.M. Aronbaev², *Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor*

¹**Samarkand State Pedagogical Institute**

²**Samarkand State University named after Sh. Rashidov**

^{1,2}**(Uzbekistan, Samarkand)**

Abstract. *The article examines contemporary innovative approaches to teaching chemistry in the context of the digital transformation of education. An analysis was carried out of problem-based, adaptive, game-based, project-based, and blended learning methods, as well as the application of virtual laboratories, interactive platforms, and multimedia tools for the visualization of chemical processes. It is demonstrated that the transition from a traditional reproductive model of instruction to a research-oriented and communicative educational paradigm contributes to the development of critical thinking, increased learning motivation, and the enhancement of students' research competencies. Particular attention is given to the use of digital simulators, virtual experiments, and personalized learning pathways. The paper presents original examples of integrating innovative technologies into the teaching of the topics "Electrolytic Dissociation", "Organic Chemistry", "Chemical Kinetics", and "Electrochemical Processes". It was established that the combined use of digital platforms, problem-based instruction, and project-oriented activities improves the quality of knowledge acquisition, increases students' independence, and develops interdisciplinary analytical skills. The integration of STEM technologies and interactive digital resources was shown to enhance the quality of learning outcomes by an average of 20-35%, while the use of game-based methods and project activities increases student engagement and sustained interest in studying chemistry by 15–30%. Prospects for the application of artificial intelligence, adaptive educational platforms, and hybrid learning models in chemical education are also outlined.*

Keywords: *chemistry education; digital technologies; virtual laboratory; STEM; adaptive learning; problem-based learning; game-based learning technologies; multimedia support.*