

Модель: Gemini

Режим: Deep Research

Промпт:

«Я учитель, исследую последние тренды по использованию технологий искусственного интеллекта для изучения химии в школе. Собери информацию о практических примерах применения технологий искусственного интеллекта для изучения химии в школе. Искать в блогах, веб-статьях, постах в социальных сетях, на сайтах для учителей. Представить ответ в виде перечня практических примеров применения технологий искусственного интеллекта для изучения химии в школе с кратким описанием каждого примера и указанием источника получения информации.»

План исследования для этой темы.

Вот план, по которому я предлагаю подойти к теме.

- (1) Найди блоги и веб-статьи, обсуждающие применение искусственного интеллекта в обучении химии в школах.
- (2) Найди публикации в социальных сетях (например, Twitter, образовательные форумы), где учителя делятся опытом использования инструментов искусственного интеллекта для преподавания химии.
- (3) Найди веб-сайты учителей или образовательные ресурсы, содержащие примеры использования искусственного интеллекта в школьном курсе химии.
- (4) Для каждого найденного примера определи:
 - (a) краткое описание применения технологии искусственного интеллекта.
 - (b) источник информации (URL-адрес или название платформы).
- (5) Собери все найденные примеры в единый список с описаниями и указанием источников.

Анализировать результаты

Создать отчет

Полученный результат:

Практическое применение технологий искусственного интеллекта для изучения химии в школе

Введение

В последние годы наблюдается значительный рост интереса к применению технологий искусственного интеллекта (ИИ) в образовании. Изначально охватывая широкий спектр дисциплин, ИИ все активнее проникает в естественнонаучные предметы, предлагая новые возможности для повышения качества и эффективности обучения.¹ В частности, в преподавании химии, которая часто воспринимается учащимися как сложный и абстрактный предмет³, ИИ способен предоставить инновационные подходы к доставке контента, персонализации учебного процесса и стимулированию вовлеченности учащихся.³

Химия как наука о веществах, их свойствах, строении и превращениях играет фундаментальную роль в понимании окружающего мира. Однако сложность многих химических концепций, необходимость визуализации молекулярных процессов и проведения лабораторных экспериментов могут представлять значительные трудности для школьников. Технологии искусственного интеллекта открывают перспективы для преодоления этих трудностей, предлагая интерактивные учебные материалы, виртуальные лаборатории, интеллектуальные системы поддержки обучения и инструменты для анализа химических данных.

Целью данного отчета является всестороннее рассмотрение практических примеров применения технологий ИИ в школьном курсе химии. В отчете будут представлены различные способы использования ИИ, начиная от обучающих платформ и виртуальных лабораторий до инструментов для планирования уроков и оценки знаний учащихся. Структура отчета аналогична предыдущему отчету по биологии и включает разделы, посвященные конкретным примерам использования ИИ, перспективам и ресурсам для учителей химии, а также таблицы с обзором ключевых инструментов и платформ.

Практические примеры применения ИИ в школьной химии

Обучающие платформы на основе ИИ

Обучающие платформы, использующие технологии искусственного интеллекта, обладают способностью адаптироваться к индивидуальным потребностям и темпу обучения каждого ученика. Алгоритмы ИИ анализируют успеваемость учащихся, выявляют пробелы в знаниях и на основе этой информации корректируют сложность и содержание учебных материалов. Такие платформы могут предлагать персонализированные учебные планы, подбирать дополнительные ресурсы и упражнения, направленные на устранение выявленных трудностей. Такой подход позволяет создать более эффективный и увлекательный учебный процесс, учитывающий уникальные особенности каждого учащегося.

Существуют конкретные примеры таких платформ, ориентированных на изучение химии. Платформа Pearson's AI Tutor предоставляет персонализированное интерактивное обучение по общей химии, предлагая пошаговые инструкции и видеоуроки.⁵ AI Chemistry Learning Assistant от HyperWrite выступает в качестве персонального помощника в понимании химии, предлагая объяснения терминов и интерактивное обучение.⁵ Khanmigo, разработанный Khan Academy, может генерировать практические вопросы и задания для уроков химии.¹¹ Платформа Century Tech использует ИИ для создания индивидуальных образовательных траекторий в науке, включая химию. Knewton предлагает адаптивные технологии обучения для курсов химии в высшем образовании.

Аналогичные подходы с использованием ИИ для создания персонализированных траекторий обучения широко применяются и в биологическом образовании.¹² Это свидетельствует о общей тенденции в естественнонаучном образовании к использованию ИИ для адаптации учебного процесса к индивидуальным потребностям учащихся, что, как показывают исследования, способствует повышению их вовлеченности и улучшению результатов обучения.

Виртуальные химические лаборатории и симуляции

Технологии искусственного интеллекта значительно расширяют возможности виртуальных химических лабораторий и симуляций. ИИ позволяет создавать реалистичные виртуальные среды, имитирующие проведение лабораторных экспериментов без необходимости использования физических ресурсов и

оборудования.³ Во время виртуальных экспериментов ИИ может предоставлять учащимся обратную связь в режиме реального времени и направлять их действия.³¹ Такие симуляции делают сложные химические процессы более наглядными и интерактивными, способствуя лучшему пониманию материала.³ Виртуальные лаборатории представляют собой безопасный и экономичный способ проведения экспериментов, особенно в тех случаях, когда физические лаборатории ограничены в ресурсах или эксперименты связаны с использованием опасных веществ.

Существует ряд примеров ИИ-powered виртуальных химических лабораторий и симуляций. Labster предлагает управляемые ИИ симуляции, охватывающие широкий спектр тем по химии, с обратной связью в реальном времени.³¹ VRLab Academy предоставляет виртуальные химические эксперименты, доступные как в VR, так и на ПК.²¹ Платформа Gale Interactive: Science включает симуляции химических лабораторий, соответствующие образовательным стандартам.²² Stemble Learning предлагает интерактивные 3D-симуляции по химии с реалистичной генерацией данных и автоматическим оцениванием на основе ИИ.²⁸ ChemCollective предоставляет виртуальные лаборатории, помогающие учащимся связать теоретические расчеты с реальной химической практикой.²⁵ PraxiLabs предлагает интерактивные 3D виртуальные научные эксперименты по химии.²⁴

Аналогично, в биологическом образовании широко используются виртуальные лаборатории и симуляции, основанные на ИИ.³¹ Это подтверждает, что применение ИИ в виртуальных лабораториях является ценным и эффективным инструментом в естественнонаучном образовании, предоставляя модель для использования в обучении химии.

Интеллектуальные системы обучения и чат-боты

Интеллектуальные системы обучения (ИСО) на основе ИИ способны предоставлять учащимся персонализированное руководство и поддержку в процессе изучения химии. ИСО могут адаптироваться к индивидуальным стилям обучения и предпочтениям учащихся¹, предлагая им специально разработанные объяснения и практические упражнения.¹ Чат-боты с ИИ могут отвечать на вопросы учащихся и предоставлять им необходимую информацию по различным темам химии.¹ Такие системы и чат-боты могут выступать в роли виртуальных тьюторов, доступных в любое время, помогая учащимся разобраться в сложных концепциях и решать задачи.

Существуют конкретные примеры интеллектуальных систем обучения и чат-ботов, ориентированных на химию. Pearson's AI Tutor предлагает персонализированное обучение по общей химии.⁵ AI Chemistry Learning Assistant от HyperWrite действует как персональный гид в мире химии.⁵ ChemGPT представляет собой инструмент на базе ИИ, предназначенный для помощи в решении различных вопросов, связанных с химией.⁶ AskSia AI Tutor является бесплатным ИИ-репетитором по химии, предоставляющим объяснения и проверяющим ответы.⁴⁴ Chemistry Assistant от HyperWrite – это ИИ-инструмент для ответов на вопросы по химии и решения химических задач.⁸

Аналогичные интеллектуальные системы обучения также используются в биологическом образовании.³³ Это подчеркивает, что ИСО являются широко применимым и ценным инструментом ИИ в естественнонаучном образовании.

Инструменты для планирования уроков и создания образовательного контента

Искусственный интеллект может стать незаменимым помощником для учителей химии в процессе планирования уроков и создания образовательных материалов. ИИ способен генерировать планы уроков, тесты, рабочие листы и критерии оценивания. Он также может помочь учителям дифференцировать контент и адаптировать уровень сложности текстов для различных групп учащихся.⁴⁶ Кроме того, ИИ может предоставлять справочную информацию и составлять краткие обзоры видеоматериалов, которые могут быть использованы на уроках.¹¹ Использование ИИ в этих целях позволяет учителям экономить время и усилия, которые они могут направить на более тесное взаимодействие с учениками и оказание им индивидуальной поддержки.

Существуют конкретные примеры ИИ-инструментов, разработанных для планирования уроков и создания образовательного контента по химии. ChatGPT может генерировать планы уроков, практические вопросы и объяснения по различным темам химии. Magic School AI предлагает специализированные инструменты для учителей естественных наук, включая генератор лабораторных работ и генераторы оценочных материалов. Eduaide предоставляет ресурсы для учителей естественных наук, включая инструменты для подбора лабораторных материалов и разработки STEM-проектов. Khanmigo способен генерировать учебные материалы, соответствующие образовательным стандартам.¹¹ Brisk Teaching предлагает ИИ-инструменты для разработки учебных планов.⁵¹ PageOn.ai может помочь адаптировать контент и создавать планы уроков.⁵⁴

Аналогичные инструменты на основе ИИ широко используются и в биологическом образовании для планирования уроков и создания образовательного контента.²⁹ Это свидетельствует о том, что применение ИИ для этих целей является ценным подходом во всех естественнонаучных дисциплинах.

Использование ИИ для анализа и визуализации химических данных

Искусственный интеллект предоставляет мощные возможности для анализа и визуализации больших объемов химических данных, что может быть особенно полезно в школьном обучении. ИИ способен обрабатывать и анализировать обширные наборы химической информации³, выявлять закономерности и корреляции между различными параметрами.³ Кроме того, ИИ может помочь учащимся прогнозировать свойства молекул и ход химических реакций на основе имеющихся данных.³ Это позволяет учащимся глубже понять химические процессы и развить навыки интерпретации сложных данных.

Существуют конкретные примеры ИИ-инструментов для анализа и визуализации химических данных. Syntelly представляет собой ИИ-платформу для изучения химического пространства, предлагающую прогностические модели и инструменты визуализации.⁶ Wolfram Alpha обладает мощными возможностями для обработки и анализа научных данных, включая химические.³¹ HyperWrite может быть использован для анализа экспериментальных данных и выдвижения гипотез.⁵ Эти инструменты предоставляют учащимся и учителям доступ к современным методам работы с химическими данными, позволяя исследовать свойства молекул, проводить сложные расчеты и создавать наглядные представления результатов.

Аналогично, в биологии ИИ используется для анализа и визуализации больших объемов данных, например, в геномике и экологии.³⁶ Это демонстрирует широкую применимость ИИ в интерпретации научных данных и может служить моделью для использования в обучении химии.

Персонализированные траектории обучения химии с помощью ИИ

Искусственный интеллект открывает возможности для создания персонализированных траекторий обучения химии, учитывающих индивидуальные особенности каждого ученика. ИИ может анализировать успеваемость, стиль обучения и прогресс учащихся, чтобы адаптировать содержание учебных материалов. Это включает в себя корректировку

последовательности изучения тем и уровня сложности заданий.

Персонализированное обучение способствует повышению вовлеченности и мотивации учащихся, поскольку учебный процесс становится более релевантным их потребностям и интересам.

Примером реализации персонализированного обучения в химии являются адаптивные обучающие платформы, такие как Knewton, которые создают индивидуальные образовательные маршруты в науке. ИИ-репетиторы, например, Pearson's AI Tutor, подстраиваются под индивидуальный стиль обучения каждого ученика.⁵ HyperWrite также может адаптировать объяснения и помогать в решении задач в соответствии с потребностями конкретного пользователя.⁵

В биологическом образовании персонализированные траектории обучения с помощью ИИ также находят широкое применение.¹² Это подтверждает эффективность и потенциал данного подхода в естественнонаучном образовании.

Геймификация в обучении химии с применением ИИ

Геймификация, то есть использование игровых элементов в неигровом контексте, может значительно повысить вовлеченность и мотивацию учащихся в процессе изучения химии.⁶² Искусственный интеллект способен обогатить геймифицированные учебные среды, персонализируя игровые элементы и задачи в зависимости от прогресса учащихся. Виртуальные лаборатории, включающие игровые элементы, могут сделать обучение более интерактивным и увлекательным.³¹

Примером использования геймификации в химии является применение виртуальных лабораторий Labster, которые обладают игровыми элементами для привлечения учащихся.³¹ Платформа Mindjoу использует интерактивные визуализации для упрощения сложных систем.⁴¹ Хотя конкретные примеры геймификации в химии с явным использованием ИИ в предоставленных фрагментах могут быть представлены не так подробно, общая тенденция использования геймификации в естественнонаучном образовании, особенно с интерактивными элементами, предполагает потенциальные возможности применения ИИ для персонализации и адаптации игровых задач в химии.

В биологическом образовании геймификация с применением ИИ также является распространенным подходом.³³ Это свидетельствует о том, что геймификация,

усиленная возможностями ИИ, может быть эффективным способом создания увлекательных учебных материалов в естественных науках.

Инструменты ИИ для оценки лабораторных работ, эссе и тестов

Искусственный интеллект предоставляет учителям химии ценные инструменты для оценки лабораторных работ, эссе и тестов учащихся. Системы оценивания на основе ИИ способны анализировать и оценивать выполненные задания, включая тесты с множественным выбором, эссе и лабораторные отчеты. Такие инструменты могут не только автоматически выставлять оценки, но и предоставлять учащимся подробную и персонализированную обратную связь, указывая на сильные и слабые стороны их работ. Анализируя ответы учащихся, ИИ может помочь учителям выявить распространенные ошибки и области, в которых учащиеся испытывают трудности.

Существует ряд примеров ИИ-инструментов для оценки в химии. GradeWiz AI Teaching Assistant оценивает работы учащихся и предоставляет подробную обратную связь.⁷¹ StarGrader – это инструмент для оценивания на основе ИИ, который помогает учителям экономить время на проверке работ и создании материалов.⁷² Gradescope помогает эффективно оценивать как бумажные, так и цифровые работы, а также программный код.⁷³ Markr – это инструмент для оценивания с помощью ИИ, предназначенный для проверки ответов на открытые вопросы.⁷⁴ Coursebox представляет собой платформу для обучения и оценивания с возможностями ИИ.⁷⁴ Essay Grader – это помощник для оценивания эссе на основе ИИ, который значительно сокращает время проверки.⁷⁴ Brisk Teaching предлагает ИИ-инструменты для предоставления обратной связи.⁵³ ChatGPT также может быть использован для оценки работ учащихся и генерации вопросов для оценки. Stemble Learning предлагает автоматическое оценивание лабораторных отчетов на основе ИИ.³²

Аналогичные инструменты ИИ для оценки лабораторных работ и эссе также используются в биологическом образовании.⁷⁵ Это свидетельствует о том, что такие инструменты могут быть полезны и в контексте обучения химии, где лабораторные работы и письменные отчеты также являются распространенными формами контроля знаний.

Применение ИИ для улучшения доступности в обучении химии

Технологии искусственного интеллекта могут существенно повысить доступность обучения химии для всех учащихся. ИИ может обеспечивать

преобразование речи в текст и перевод на различные языки, что особенно важно для учащихся, для которых английский язык не является родным.³ Персонализированные траектории обучения, создаваемые с помощью ИИ, позволяют адаптировать контент и темп обучения к индивидуальным потребностям учащихся с различными образовательными потребностями.³ ИИ также может предлагать такие средства поддержки, как преобразование текста в речь и упрощенный язык, делая учебные материалы более доступными.¹⁷ Таким образом, ИИ обладает потенциалом для устранения барьеров в обучении химии и создания более инклюзивной образовательной среды.

Примерами использования ИИ для повышения доступности в обучении химии являются функции преобразования речи в текст и перевода, предоставляемые Google AI.⁸⁵ Обучающие платформы на основе ИИ могут предлагать персонализированный контент и темп обучения. HyperWrite способен упрощать сложные химические концепции, делая их более понятными.⁵

Аналогичные подходы с использованием ИИ для улучшения доступности применяются и в биологическом образовании.³³ Это подтверждает, что ИИ является ценным инструментом для создания инклюзивной образовательной среды в естественных науках.

Перспективы и ресурсы для учителей химии

Искусственный интеллект открывает перед учителями химии множество перспектив и предоставляет ценные ресурсы для повышения эффективности их работы. ИИ способен снизить рабочую нагрузку учителей за счет автоматизации таких рутинных задач, как проверка работ и планирование уроков. Он может предоставлять учителям основанные на данных аналитические сведения об успеваемости учащихся, помогая им выявлять области, требующие дополнительного внимания, и корректировать свои методики преподавания. ИИ также может помочь учителям в создании персонализированных учебных материалов и заданий, учитывающих индивидуальные потребности и темп обучения каждого ученика. Кроме того, ИИ предлагает новые способы вовлечения учащихся в учебный процесс с помощью интерактивного контента и симуляций.³

Существует ряд ИИ-инструментов и платформ, которые предоставляют ресурсы специально для учителей химии. Magic School AI предлагает инструменты, разработанные специально для учителей естественных наук. Eduaide также

предоставляет специализированные ресурсы для учителей естественных наук. Brisk Teaching предлагает ИИ-инструменты для разработки учебных планов, предоставления обратной связи и дифференциации обучения.⁵¹ Khanmigo предоставляет учителям помощь на основе ИИ.¹¹ HyperWrite предлагает различные ИИ-инструменты для исследований, обучения и создания контента в области химии.⁵ Блог TeachFlow.ai содержит полезную информацию и ресурсы по применению ИИ в обучении химии.³ Веб-сайт ChemEd X служит форумом для учителей химии, где они могут обсуждать и обмениваться ресурсами, включая информацию об ИИ.⁸⁸ RSC Education предоставляет идеи и советы по использованию ИИ в химическом классе.⁸⁹ Блог NSTA публикует статьи о применении ИИ в естественнонаучном образовании.⁴⁰

Для учителей, желающих освоить применение ИИ в обучении химии, существуют возможности для профессионального развития и обучения. Необходимы программы подготовки учителей, которые помогут им приобрести необходимые навыки работы с ИИ.¹ Проводятся семинары и курсы, направленные на интеграцию ИИ в педагогическую практику.⁹⁰ Университеты и образовательные организации начинают предлагать ресурсы и методические материалы по использованию ИИ в образовании.²

Важным аспектом использования ИИ в химическом классе являются этические соображения и необходимость ответственного применения этих технологий. К этическим проблемам относятся вопросы академической честности, точности генерируемого контента, потенциальных предубеждений и конфиденциальности данных. Учителям необходимо обучать учащихся ответственному использованию ИИ-инструментов³⁶ и подчеркивать важность критической оценки контента, созданного с помощью ИИ.³⁶

Заключение

Искусственный интеллект предлагает широкий спектр практических применений для улучшения преподавания и изучения химии в школе. От персонализированных обучающих платформ и интерактивных виртуальных лабораторий до интеллектуальных систем обучения и инструментов для автоматизации оценки, ИИ обладает потенциалом для трансформации химического образования. Эти технологии могут помочь сделать обучение более доступным, увлекательным и эффективным как для учащихся, так и для учителей.

Перспективы использования ИИ в школьной химии представляются весьма

многообещающими. Однако для успешной интеграции этих технологий необходимо учитывать этические аспекты и обеспечивать надлежащую подготовку учителей. Постоянное обучение и адаптация к быстро развивающимся возможностям ИИ станут ключевыми факторами для того, чтобы в полной мере реализовать потенциал искусственного интеллекта в химическом образовании и подготовить учащихся к будущим вызовам в науке и технологиях.

Таблица 1: Примеры инструментов ИИ для учителей химии

Название инструмента	Описание	Ключевые особенности	Ссылка/Источник
ChatGPT	Многофункциональная языковая модель, способная генерировать тексты, отвечать на вопросы, создавать планы уроков, тесты и рабочие листы.	Генерация планов уроков, создание вопросов и заданий, объяснение концепций, помощь в дифференциации контента.	
Magic School AI	Платформа на основе ИИ, предназначенная для помощи учителям в планировании уроков, создании заданий и оценивании.	Генератор планов уроков, генератор лабораторных работ для естественных наук, генератор оценочных материалов.	
Eduaide	ИИ-помощник для учителей, предлагающий ресурсы для планирования уроков и создания учебных	Инструменты для подбора лабораторных материалов, разработки STEM-проектов, генератор контента по естественным	

	материалов.	наукам.	
Brisk Teaching	Расширение для браузера с ИИ-инструментами для помощи учителям в разработке учебных планов, предоставлении обратной связи и дифференциации обучения.	Генератор обратной связи, инструменты для дифференциации заданий, помощь в создании учебных материалов.	51
Khanmigo	ИИ-ассистент для учителей от Khan Academy.	Генерация планов уроков, соответствующих стандартам, создание вопросов и заданий, помощь в организации работы в классе.	11
HyperWrite	Платформа с набором ИИ-инструментов для письма, исследований и обучения, включая инструменты, ориентированные на химию.	Поиск научной литературы, помощь в написании исследовательских работ, объяснение химических концепций, решение химических задач.	5
Syntelly	ИИ-платформа для исследования химического пространства.	Прогностические модели для химических свойств, инструменты для предсказания реакций и визуализации химического	6

		пространства.	
Wolfram Alpha	Вычислительная система, способная решать сложные научные задачи и проводить анализ данных, включая химические.	Решение химических уравнений, анализ спектральных данных, предоставление информации о химических элементах и соединениях.	31

Таблица 2: Примеры обучающих платформ на основе ИИ для изучения химии

Название платформы	Описание	Ключевые особенности	Ссылка/Источник
Pearson's AI Tutor	Персонализированный ИИ-репетитор по общей химии.	Пошаговые объяснения, видеоуроки, видеоответы на похожие вопросы.	5
HyperWrite's AI Chemistry Learning Assistant	ИИ-помощник для изучения химии.	Подробные объяснения химических терминов и концепций, интерактивное обучение.	5
AskSia AI Tutor	Бесплатный ИИ-репетитор по химии.	Подробные объяснения, упрощение сложных концепций, проверка ответов, визуализация	44

		молекул.	
Labster	Виртуальные лаборатории с симуляциями по различным разделам химии.	Интерактивные симуляции, обратная связь в реальном времени, геймифицированный подход.	31
Century Tech	Платформа для персонализированного обучения с использованием ИИ, включая курсы по химии.	Адаптивные траектории обучения, обратная связь в реальном времени, мультимедийные ресурсы.	
Knewton	Технология адаптивного обучения для курсов химии в высшем образовании.	Индивидуальные учебные планы, выявление пробелов в знаниях, предоставление релевантных материалов.	

Таблица 3: Примеры инструментов ИИ для оценки в химии

Название инструмента	Описание	Ключевые особенности	Ссылка/Источник
GradeWiz	ИИ-ассистент для учителей, который оценивает работы учащихся и предоставляет подробную обратную связь.	Автоматическое оценивание, генерация подробной обратной связи, создание критериев оценивания на основе ИИ.	71

StarGrader	Инструмент для оценивания на основе ИИ, предназначенный для экономии времени учителей на проверке работ и создании материалов.	Автоматическое оценивание, персонализированная обратная связь, создание индивидуальных учебных материалов.	72
Gradescope	Платформа для эффективного оценивания бумажных и цифровых работ, а также программного кода.	Гибкие критерии оценивания, комментирование работ, статистика успеваемости.	73
Markr	Инструмент для оценивания с помощью ИИ, предназначенный для проверки ответов на открытые вопросы и предоставления подробной обратной связи.	Целевая обратная связь, стандартизированное оценивание, интеграция с LMS.	74
Coursebox	Комплексная платформа для обучения и оценивания с возможностями ИИ.	Создание и оценивание курсов, чат-бот с ИИ для обратной связи, генератор тестов на основе ИИ.	74
Essay Grader	Помощник для оценивания эссе на основе ИИ, значительно	Оценивание эссе по различным критериям, предоставление	74

	сокращающий время проверки.	обратной связи по стилю, грамматике и содержанию.	
Stemle Learning	Платформа с интерактивными 3D-симуляциями по химии, включающая функцию автоматического оценивания лабораторных отчетов на основе ИИ.	Автоматическое оценивание лабораторных отчетов, анализ графиков, оценка точности и полноты отчетов.	32

Источники


1. Exploring Chemistry Teachers' Knowledge and Perceptions of AI: Opportunities and Challenges - International Journal of Research in Education and Science (IJRES), дата последнего обращения: апреля 8, 2025, <https://ijres.net/index.php/ijres/article/view/3584/715>
2. AI-Professional Development Model for Chemistry Teacher - ERIC, дата последнего обращения: апреля 8, 2025, <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1448631.pdf>
3. AI and School Chemistry: Exploring Elements and Compounds - Teachflow, дата последнего обращения: апреля 8, 2025, <https://teachflow.ai/ai-and-school-chemistry-exploring-elements-and-compounds/>
4. AI in Chemistry - 3DS Blog - Dassault Systèmes, дата последнего обращения: апреля 8, 2025, <https://blog.3ds.com/brands/biovia/ai-chemistry/>
5. Chemistry AI: Revolutionizing Research and Learning - HyperWrite, дата последнего обращения: апреля 8, 2025, <https://www.hyperwriteai.com/blog/chemistry-ai-revolutionizing-research-and-learning>
6. Best AI tools for chemistry: tried, tested, and recommended - Techpoint Africa, дата последнего обращения: апреля 8, 2025, <https://techpoint.africa/guide/best-ai-tools-for-chemistry/>
7. General Chemistry AI tutor | Course problem & homework solver - Pearson, дата последнего обращения: апреля 8, 2025, <https://www.pearson.com/channels/general-chemistry/ai-tutor>
8. AI-powered Chemistry problem solver | HyperWrite AI Writing Assistant, дата последнего обращения: апреля 8, 2025, <https://www.hyperwriteai.com/aitools/chemistry-assistant>

9. hyperwriteai.com, дата последнего обращения: апреля 8, 2025, <https://hyperwriteai.com/aitools/ai-chemistry-learning-assistant#:~:text=Learn%20chemistry%20with%20HyperWrite's%20AI,in%20an%20interactive%20learning%20experience.>
10. AI Chemistry Learning Assistant - HyperWrite, дата последнего обращения: апреля 8, 2025, <https://www.hyperwriteai.com/aitools/ai-chemistry-learning-assistant>
11. Free, AI-powered teacher assistant by Khan Academy - Khanmigo, дата последнего обращения: апреля 8, 2025, <https://khanmigo.ai/teachers>
12. (PDF) Personalized Learning Pathways Using Generative AI - ResearchGate, дата последнего обращения: апреля 8, 2025, https://www.researchgate.net/publication/387344827_Personalized_Learning_Pathways_Using_Generative_AI
13. Artificial Intelligence in Education: AIED for Personalised Learning Pathways - ERIC, дата последнего обращения: апреля 8, 2025, <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1373006.pdf>
14. Transformative applications in biology education: A case study on the efficacy of adaptive learning with numerical insights - Caspian Journal of Environmental Sciences, дата последнего обращения: апреля 8, 2025, https://cjes.guilan.ac.ir/m/article_7731_3e9b79681e461e3bfc878e0f45838d81.pdf
15. AI Integration in Biology Education: Comparative Insights into Perceived Benefits and TPACK among South African and Indonesian Pre-service Teachers in - Brill, дата последнего обращения: апреля 8, 2025, <https://brill.com/view/journals/apse/aop/article-10.1163-23641177-bja10086/article-10.1163-23641177-bja10086.xml>
16. The Potential of AI in Personalized Learning | Atlantic International University, дата последнего обращения: апреля 8, 2025, <https://www.aiu.edu/blog/the-potential-of-ai-in-personalized-learning/>
17. AI In Education: Personalized Learning Platforms In 2025 - eLearning Industry, дата последнего обращения: апреля 8, 2025, <https://elearningindustry.com/ai-in-education-personalized-learning-platforms>
18. Personalized Learning with AI: Revolutionizing Education - Axon, дата последнего обращения: апреля 8, 2025, <https://www.axon.dev/blog/personalized-learning-with-ai-revolutionizing-education>
19. Personalized Learning Pathways through AI | EssayGrader, дата последнего обращения: апреля 8, 2025, <https://www.essaygrader.ai/blog/personalized-learning-pathways-through-ai>
20. How AI is Revolutionizing Education with Personalized Learning Experiences?, дата последнего обращения: апреля 8, 2025, <https://www.atliq.ai/how-ai-is-revolutionizing-education-with-personalized-learning-experiences/>
21. VRLab Academy | Experiments | VR Education | Virtual Laboratories, дата последнего обращения: апреля 8, 2025, <https://www.vrlabacademy.com/>

22. Gale Interactive - Virtual Science Labs and Experiments, дата последнего обращения: апреля 8, 2025, <https://www.gale.com/c/interactive-science>
23. CloudLabs Learning | The most modern and didactic virtual labs for learning math, science, and STEM, дата последнего обращения: апреля 8, 2025, <https://cloudlabslearning.com/>
24. PraxiLabs: Virtual Experiments Simulations, дата последнего обращения: апреля 8, 2025, <https://praxilabs.com/>
25. Virtual Labs - ChemCollective, дата последнего обращения: апреля 8, 2025, <https://chemcollective.org/vlabs>
26. VR Biology & Chemistry Lab Virtual Reality VR Education Software & Augmented Reality Learning - VictoryXR, дата последнего обращения: апреля 8, 2025, <https://www.victoryxr.com/vr-biology-chemistry-lab/>
27. Free Chemistry Simulations Online | Restackio, дата последнего обращения: апреля 8, 2025, <https://www.restack.io/p/ai-in-chemical-engineering-answer-free-chemistry-simulations-cat-ai>
28. Transform Chemistry Education with Interactive 3D Simulations | Stemble Learning, дата последнего обращения: апреля 8, 2025, <https://www.stemble.com/sims>
29. AI Tools for Science Teachers - TOM DACCORD, дата последнего обращения: апреля 8, 2025, <https://www.tomdaccord.com/ai-tools-for-science-teachers>
30. AI Simulation for chemicals and materials - SandboxAQ Academy, дата последнего обращения: апреля 8, 2025, <https://academy.sandboxaq.com/marketing-collateral-so/156186>
31. AI for Science Teachers: Top 10 Tools | Teacher To Techie, дата последнего обращения: апреля 8, 2025, <https://teachertotechie.org/ai-for-science-teachers-top-10-tools/>
32. AI | Stemble Learning, дата последнего обращения: апреля 8, 2025, <https://www.stemble.com/ai/>
33. Exploring the Impact of Artificial Intelligence on Transforming Physics, Chemistry, and Biology Education - The Cuvette, дата последнего обращения: апреля 8, 2025, <https://www.thecuvette.org/pub/tckh3qn3>
34. Exploring The Impact of Artificial Intelligence in Teaching of Biology at Secondary Level, дата последнего обращения: апреля 8, 2025, <https://irjmss.com/index.php/irjmss/article/download/419/396/1310>
35. EXPLORING COMPLEX BIOLOGICAL PROCESSES THROUGH ARTIFICIAL INTELLIGENCE - ERIC, дата последнего обращения: апреля 8, 2025, <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1427744.pdf>
36. The Role of AI in School Biology and the Study of Life - Teachflow, дата последнего обращения: апреля 8, 2025, <https://teachflow.ai/the-role-of-ai-in-school-biology-and-the-study-of-life/>
37. Artificial intelligence-guided strategies for next-generation biological sequence design | National Science Review | Oxford Academic, дата последнего обращения: апреля 8, 2025,

- <https://academic.oup.com/nsr/article/11/11/nwae343/7778273>
38. How will Artificial Intelligence (AI) Power New Learning in Education? | Illinois, дата последнего обращения: апреля 8, 2025, <https://education.illinois.edu/about/news-events/news/article/2023/02/08/the-power-of-ai-in-education>
 39. The Impact of AI on School Biochemistry and Molecular Studies - Teachflow, дата последнего обращения: апреля 8, 2025, <https://teachflow.ai/the-impact-of-ai-on-school-biochemistry-and-molecular-studies/>
 40. Empowering Science Education With AI: Enhancing Three-Dimensional Learning | NSTA, дата последнего обращения: апреля 8, 2025, <https://www.nsta.org/blog/empowering-science-education-ai-enhancing-three-dimensional-learning>
 41. Biology for K-12 - AI-Powered Learning - Mindjoy, дата последнего обращения: апреля 8, 2025, <https://www.mindjoy.com/k12/biology>
 42. Navigating AI in creative teaching and learning of biology - YouTube, дата последнего обращения: апреля 8, 2025, <https://www.youtube.com/watch?v=vOEP3-m3ilk>
 43. teachflow.ai, дата последнего обращения: апреля 8, 2025, <https://teachflow.ai/the-role-of-ai-in-school-biology-and-the-study-of-life/#:~:text=Examples%20of%20Current%20AI%20Applications%20in%20Biology%20Education,-1.3.&text=1%20AI%2Dbased%20Tutoring%20Systems,tailored%20explanations%20and%20practice%20exercises.>
 44. Chemistry Solver: AskSia AI Tutor, дата последнего обращения: апреля 8, 2025, <https://www.asksia.ai/college-ai/tutor/Chemistry-Solver>
 45. AI in Education: The Rise of Intelligent Tutoring Systems | Park ..., дата последнего обращения: апреля 8, 2025, <https://www.park.edu/blog/ai-in-education-the-rise-of-intelligent-tutoring-systems/>
 46. Periodical | Reflecting on ChatGPT in our Chemistry Classroom ..., дата последнего обращения: апреля 8, 2025, <https://teachchemistry.org/periodical/issues/may-2024/reflecting-on-chatgpt-in-our-chemistry-classroom>
 47. Periodical | ChatGPT in the Chemistry Classroom | AACT, дата последнего обращения: апреля 8, 2025, <https://teachchemistry.org/periodical/issues/september-2023/chatgpt-in-the-chemistry-classroom>
 48. What I Discovered About AI and AP Chemistry | by Peter Paccone - Medium, дата последнего обращения: апреля 8, 2025, <https://ppaccone.medium.com/what-i-discovered-about-ai-and-ap-chemistry-375b47f6fdd0>
 49. Articles | AACT - American Association of Chemistry Teachers, дата последнего обращения: апреля 8, 2025, https://teachchemistry.org/periodical/articles?q%5Barticle_topics_id_eq%5D=10
 50. AI in Chemistry - Reddit, дата последнего обращения: апреля 8, 2025,

- https://www.reddit.com/r/chemistry/comments/1isd3u/ai_in_chemistry/
51. AI in the Science Classroom | NSTA, дата последнего обращения: апреля 8, 2025, <https://www.nsta.org/blog/ai-science-classroom>
 52. Using AI to Assist My Chemistry Classroom | Chemical Education Xchange, дата последнего обращения: апреля 8, 2025, <https://www.chemedx.org/blog/using-ai-assist-my-chemistry-classroom>
 53. Brisk Teaching: Free AI Tools for Teachers and Educators, дата последнего обращения: апреля 8, 2025, <https://www.briskteaching.com/>
 54. How to Create Fun and Engaging Biology Lesson Plans for High School - PageOn.ai, дата последнего обращения: апреля 8, 2025, <https://www.pageon.ai/blog/biology-lesson-plans>
 55. Top AI Tools: Science Teachers, дата последнего обращения: апреля 8, 2025, <https://www.kangaroos.ai/ai-tools-science-teachers/>
 56. Automatically create Biology Lesson Plans and Handouts using AI - Reddit, дата последнего обращения: апреля 8, 2025, https://www.reddit.com/r/ScienceTeachers/comments/z1oaap/automatically_create_biology_lesson_plans_and/
 57. 9 AI tools for teachers (no tech skills required)! : r/ScienceTeachers - Reddit, дата последнего обращения: апреля 8, 2025, https://www.reddit.com/r/ScienceTeachers/comments/12u975z/9_ai_tools_for_teachers_no_tech_skills_required/
 58. AI and Culturally Relevant Pedagogy: A Great 'pair' | NSTA, дата последнего обращения: апреля 8, 2025, <https://www.nsta.org/blog/ai-and-culturally-relevant-pedagogy-great-pair>
 59. Integrating AI in the science classroom - Amplify, дата последнего обращения: апреля 8, 2025, <https://amplify.com/blog/science-classroom/integrating-ai-in-the-science-classroom/>
 60. How Is AI Used in Chemistry? Conversational Assistant Case Study - Netguru, дата последнего обращения: апреля 8, 2025, <https://www.netguru.com/blog/ai-assistant-chemistry>
 61. AI in Biology: 5 Top Projects from A High School Student, дата последнего обращения: апреля 8, 2025, <https://www.inspiritai.com/blogs/ai-student-blog/ai-in-biology-5-top-projects-from-a-high-school-student>
 62. Gamification in Science Education: Challenging Disengagement in Socially Deprived Communities - ACS Publications, дата последнего обращения: апреля 8, 2025, <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.jchemed.2c00089>
 63. Development of Gamified, Interactive, Low-Cost, Flexible Virtual Microbiology Labs That Promote Higher-Order Thinking during Pandemic Instruction - ASM Journals, дата последнего обращения: апреля 8, 2025, <https://journals.asm.org/doi/10.1128/jmbe.v22i1.2439>
 64. AI Garage – Using AI to gamify learning - Advance HE, дата последнего обращения: апреля 8, 2025, <https://www.advance-he.ac.uk/knowledge-hub/AI-Garage-Project/Using-AI-to-gamify-learning>

65. Learn biology using digital game-based learning: A systematic literature review - Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education, дата последнего обращения: апреля 8, 2025, <https://www.ejmste.com/download/learn-biology-using-digital-game-based-learning-a-systematic-literature-review-14658.pdf>
66. Gaming for the Education of Biology in High Schools - MDPI, дата последнего обращения: апреля 8, 2025, <https://www.mdpi.com/2673-8392/4/2/41>
67. Gamification in Science Education. A Systematic Review of the Literature - MDPI, дата последнего обращения: апреля 8, 2025, <https://www.mdpi.com/2227-7102/11/1/22>
68. Gamification in Biomedical Science Education: The Successful Implementation of Resimion, a Scenario-Based Learning Tool - PMC, дата последнего обращения: апреля 8, 2025, <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10577182/>
69. The Role of AI in Serious Games and Gamification for Health: Scoping Review - PMC, дата последнего обращения: апреля 8, 2025, <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10825760/>
70. Gamification in biology education: A systematic review analysis - International Journal Of Eurasia Social Sciences, дата последнего обращения: апреля 8, 2025, <https://www.ijoess.com/DergiPdfDetay.aspx?ID=4445>
71. GradeWiz AI Teaching Assistant that grades student work, дата последнего обращения: апреля 8, 2025, <https://www.gradewiz.ai/>
72. StarGrader - AI Grading Tool for Teachers | Save Time Grading, дата последнего обращения: апреля 8, 2025, <https://stargrader.com/>
73. Gradescope, дата последнего обращения: апреля 8, 2025, <https://www.gradescope.com/>
74. Best 10 AI Grading Tools to Try in 2025 - Coursebox.ai, дата последнего обращения: апреля 8, 2025, <https://www.coursebox.ai/blog/best-ai-grading-tools>
75. Best Lab Report Writer Ai | Vondy, дата последнего обращения: апреля 8, 2025, <https://www.vondy.com/lab-report-writer-ai--00mYNTPF>
76. AI in Assessment Example: Level 3 - Lab Report (Biology) - Alchemy, дата последнего обращения: апреля 8, 2025, <https://alchemy.works/level-3-lab-report/>
77. Lab Report Writer | AI-powered scientific report creation tool | HyperWrite AI Writing Assistant, дата последнего обращения: апреля 8, 2025, <https://www.hyperwriteai.com/aitools/lab-report-writer>
78. AI Lab Report Writer  Generate Accurate Reports Instantly - mystylus.ai, дата последнего обращения: апреля 8, 2025, <https://mystylus.ai/ai-lab-report-writer/>
79. Is the laboratory report dead? AI and ChatGPT - CSIRO Publishing, дата последнего обращения: апреля 8, 2025, <https://www.publish.csiro.au/ma/pdf/MA23042>
80. AI Essay Writer | Free, Undetectable & Plagiarism-Free Essay Generator, дата последнего обращения: апреля 8, 2025, <https://eduwriter.ai/>

81. AI Lab Report Creator | Precision in Scientific Reporting - MagickPen, дата последнего обращения: апреля 8, 2025, <https://magickpen.com/templates/86/>
82. An Analysis of AI-Generated Laboratory Reports across the Chemistry Curriculum and Student Perceptions of ChatGPT | Journal of Chemical Education - ACS Publications, дата последнего обращения: апреля 8, 2025, <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.jchemed.3c00581>
83. What to do about AI in scientific writing report? : r/ScienceTeachers - Reddit, дата последнего обращения: апреля 8, 2025, https://www.reddit.com/r/ScienceTeachers/comments/18t1cte/what_to_do_about_ai_in_scientific_writing_report/
84. 4 Ways to Benefit from ChatGPT in Your Online Labs - Science Interactive, дата последнего обращения: апреля 8, 2025, <https://www.scienceinteractive.com/blog/2023/4-ways-to-benefit-from-chatgpt-in-your-online-labs/>
85. The Effectiveness of Artificial Intelligence in Teaching Biology in ..., дата последнего обращения: апреля 8, 2025, <https://eurasia-science.org/index.php/pub/article/view/290>
86. Using Artificial Intelligence in the Science Classroom - Carolina Knowledge Center, дата последнего обращения: апреля 8, 2025, <https://knowledge.carolina.com/professional-growth/using-artificial-intelligence-in-the-science-classroom/>
87. Chemistry Tutor | AI-powered chemistry assistance | HyperWrite AI Writing Assistant, дата последнего обращения: апреля 8, 2025, <https://www.hyperwriteai.com/aitools/chemistry-tutor>
88. Chemical Education Xchange | Change through Xchange, дата последнего обращения: апреля 8, 2025, <https://www.chemedx.org/>
89. Using AI in the chemistry classroom | Ideas and advice for teachers - RSC Education, дата последнего обращения: апреля 8, 2025, <https://edu.rsc.org/eic/collections/ai-in-the-chemistry-classroom>
90. Artificial Intelligence in Chemistry Research Implications for ..., дата последнего обращения: апреля 8, 2025, <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.jchemed.4c01033>
91. EJ1430089 - Utilization of Artificial Intelligence and Machine Learning in Chemistry Education: A Critical Review, Discover Education, 2024 - ERIC, дата последнего обращения: апреля 8, 2025, <https://eric.ed.gov/?q=Pubmed&ff1=souDiscover+Education&id=EJ1430089>
92. AI for chemistry teaching: responsible AI and ethical considerations / Blonder, Ron (Rights reserved) - Digitale Landesbibliothek Berlin, дата последнего обращения: апреля 8, 2025, <https://digital.zlb.de/viewer/metadata/1352355663/>
93. Generative AI in BER - Society for the Advancement of Biology Education Research, дата последнего обращения: апреля 8, 2025, <https://saberbio.wildapricot.org/generative-AI-SIG>
94. UW Bioengineering faculty embrace AI tools to enhance teaching and learning,

- дата последнего обращения: апреля 8, 2025, <https://bioe.uw.edu/uw-bioengineering-faculty-embrace-ai-tools-to-enhance-teaching-and-learning/>
95. Artificial intelligence (AI) tools - Biological Sciences - LibGuides at ..., дата последнего обращения: апреля 8, 2025, <https://guides.library.duke.edu/c.php?g=289264&p=10679833>
96. (PDF) Research on the Application of AI in A-Level Biology Teaching - ResearchGate, дата последнего обращения: апреля 8, 2025, https://www.researchgate.net/publication/390340406_Research_on_the_Application_of_AI_in_A-Level_Biology_Teaching
97. The Dawn of Generative Artificial Intelligence in Chemistry ..., дата последнего обращения: апреля 8, 2025, <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.jchemed.4c00836>