

А. С. Рванова^{1✉}, О.В. Григоренко²

Практико-ориентированные проекты в курсе общей алгебры в условиях цифровизации образования

¹Национальный исследовательский университет ИТМО, г. Санкт-Петербург,
Российская Федерация

²Сибирский государственный университет геосистем и технологий, г. Новосибирск,
Российская Федерация
e-mail: alla_rv@mail.ru

Аннотация. Статья посвящена проблеме поиска эффективных методов преподавания общей алгебры, способствующих усилению прикладной направленности математической подготовки и формированию цифровых компетенций студентов. В качестве одного из решений предлагается внедрение в учебный процесс практико-ориентированных проектов. Цель исследования – разработать методику организации самостоятельной работы студентов на основе практико-ориентированных проектов в курсе общей алгебры и их реализация на примере проекта «Анализ точечных групп симметрий молекул». Методологическую основу составили концепции проектного и проблемно-ориентированного обучения, а также современные подходы цифровой дидактики. В ходе исследования применялись методы анализа литературы, педагогического наблюдения, анализа студенческих работ. Методика раскрывается через четыре взаимосвязанных компонента. Целевой компонент задает направленность на предметные и метапредметные результаты. Содержательный компонент обеспечивает включение профессионально значимого контекста. Процессуальный компонент объединяет профессионально-контекстную постановку задачи, интеграцию цифровых инструментов и организацию исследовательской деятельности. Диагностический компонент представлен системой критериев оценивания. Предложенная методика апробирована в ходе выполнения проекта, в рамках которого студенты исследовали пары молекул с различной симметрией, выполняли их теоретико-групповой анализ, программную реализацию и визуализацию, а также анализировали связь симметрии с физико-химическими свойствами веществ. Разработанная методика позволяет не только углубить понимание фундаментальных математических понятий через их приложение к профессионально значимым объектам, но и целенаправленно формировать цифровые компетенции, развивать исследовательские умения и способность к критическому анализу информации, в том числе полученной с использованием инструментов искусственного интеллекта. Полученные результаты подтверждают эффективность практико-ориентированных проектов как средства организации самостоятельной работы студентов в условиях цифровизации образования.

Ключевые слова: проектное обучение, общая алгебра, теория групп, симметрия молекул, практико-ориентированный подход, цифровые компетенции, искусственный интеллект, дидактическое обеспечение

A. S. Rvanova^{1✉}, O.V. Grigorenko²

Practice-Oriented Projects in General Algebra Course in the Digitalization of Education Context

¹ ITMO University, Saint-Petersburg, Russian Federation

² Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation
e-mail: alla_rv@mail.ru

Abstract. The article addresses the problem of finding effective methods for teaching general algebra that enhance the applied orientation of mathematical training and the formation of students' digital competencies. As a possible solution, the introduction of practice-oriented projects into the educational process is proposed. The aim of the study is to determine the methodological foundations for organizing students' independent work based on practice-oriented projects in a general algebra course and to implement them using the example of the project "Analysis of Point Symmetry Groups of Molecules". The methodological framework comprises the concepts of project-based and problem-based learning, as well as contemporary approaches to digital didactics. The study employed methods of literature analysis, pedagogical observation, and analysis of student reports. The methodology is revealed through four interrelated components. The target component sets the focus on subject-specific and meta-subject outcomes. The content component ensures the inclusion of a professionally significant context. The procedural component combines a professionally contextualized task setting, the integration of digital tools, and the organization of research activities. The diagnostic component is represented by a system of evaluation criteria. The proposed methodology was tested during the implementation of the project, in which students investigated pairs of molecules with different symmetries, performed their group-theoretic analysis, implemented software solutions and visualization, and analyzed the relationship between symmetry and the physicochemical properties of substances. The developed methodology not only deepens the understanding of fundamental mathematical concepts through their application to professionally significant objects but also purposefully forms digital competencies, develops research skills, and fosters the ability to critically analyze information, including that obtained using artificial intelligence tools. The obtained results confirm the effectiveness of practice-oriented projects as a means of organizing students' independent work in the context of education digitalization.

Keywords: project-based learning, general algebra, group theory, molecular symmetry, practice-oriented approach, digital competencies, artificial intelligence, didactic support

Введение

Современное инженерное и естественнонаучное образование предъявляет новые требования к преподаванию фундаментальных дисциплин, в частности высшей математики и общей алгебры. Традиционный подход, зачастую сосредоточенный на абстрактных конструкциях, не всегда позволяет студенту увидеть связь математического аппарата с будущей профессиональной деятельностью, что приводит к снижению мотивации и формальному усвоению знаний. Преодоление этого разрыва требует усиления прикладной направленности математической подготовки, особенно для студентов естественнонаучных и информационно-технологических профилей [1]. Предлагая концепцию контекстного обучения, А. А. Вербицкий отмечает, что усвоение абстрактных знаний происходит наиболее эффективно при их освоении через решение профессионально значимых задач [2].

Значимым фактором, определяющим основные тенденции современного образования, является его цифровая трансформация. Стремительная цифровизация профессиональной среды требует от будущего специалиста уверенного владения цифровыми инструментами и формирования устойчивых цифровых компетенций. Исследователи рассматривают этот процесс как фундаментальный вызов, меняющий не только инструментарий, но и саму дидактику [3, 4]. Т. Н. Носкова подчеркивает, что дидактика цифровой среды должна интегрировать

традиционные методы обучения с новыми возможностями, которые предоставляют информационно-коммуникационные технологии [5]. С другой стороны, доступность инструментов искусственного интеллекта, демонстрирующих высокую эффективность при решении стандартных учебных задач по математике, создает принципиально новую ситуацию в образовательном процессе. Возникает реальная угроза подмены самостоятельной мыслительной деятельности студента готовым результатом, сгенерированным нейросетью. В сложившихся условиях, как подчеркивается в ряде работ [6, 7], особую актуальность приобретает переориентация образовательных стратегий: вместо контроля за правильностью воспроизведения алгоритмов на первый план выходит способность обучающегося критически оценивать полученные данные, верифицировать их, интерпретировать и использовать как материал для дальнейшего самостоятельного исследования.

Значительным потенциалом для реализации практической направленности в курсе общей алгебры обладает теория групп. Фундаментальное значение группового подхода для анализа строения вещества раскрыто в трудах Р. Фларри [8], И. С. Дмитриева [9], Д. Эллиота и П. Добера [10], демонстрирующих применение математических структур для описания симметрий физических и химических систем. В этой связи, как подчеркивает Н. А. Поклонский [11], особую роль играет обращение к визуальным моделям, которые дают возможность материализовать абстрактные понятия на примере конкретных химических структур. В современных исследованиях также уделяется внимание вопросам применения специального программного обеспечения для визуализации симметрий [12].

В условиях цифровизации особую значимость приобретает создание специального дидактического обеспечения, поддерживающего самостоятельную познавательную активность студентов [13]. Эту задачу позволяет решить проектная технология, которая ставит студента в позицию активного исследователя, а не пассивного слушателя [14].

Целью настоящего исследования является разработка методики организации самостоятельной работы студентов на основе практико-ориентированных проектов в курсе общей алгебры и их реализация на примере проекта «Анализ точечных групп симметрий молекул».

Методы и материалы

Теоретико-методологической основой исследования послужили концепции проектного и проблемно-ориентированного обучения, изложенные в работах Е. С. Полат [14], И. А. Колесниковой и М. П. Горчаковой-Сибирской [15], а также современные подходы цифровой дидактики, развиваемые Л. М. Андрюхиной и др. [16], Т. Н. Носковой [5], Э. Г. Скибицким [17], И. Б. Шмигириловой [13] и др.

При проведении исследования использовались следующие методы: анализ психолого-педагогической и методической литературы по проблеме исследования; изучение и обобщение педагогического опыта авторов по организации проектной деятельности студентов в курсе общей алгебры; педагогическое наблюдение за учебной деятельностью студентов в процессе выполнения практико-

ориентированного проекта «Анализ точечных групп симметрий молекул»; анализ студенческих отчетов, программных продуктов и результатов защит проектов.

Результаты

В ходе исследования была разработана методика организации самостоятельной работы студентов на основе практико-ориентированных проектов в курсе общей алгебры, которые раскрываются через совокупность взаимосвязанных компонентов – целевого, содержательного, процессуального и диагностического.

Целевой компонент предполагает ориентацию проектной деятельности на достижение не только предметных результатов (усвоение понятий теории групп), но и метапредметных – формирование цифровых компетенций, развитие исследовательских умений, способности к критическому анализу информации, в том числе полученной с использованием инструментов искусственного интеллекта.

Содержательный компонент реализуется через наполнение проектных заданий профессионально значимым и междисциплинарным контекстом. Математическая задача формулируется как модель реальной проблемы из смежной области знания (например, химии или физики), что создает условия для осознания студентами универсальности математических методов и их востребованности в профессиональной деятельности.

Процессуальный компонент включает три взаимосвязанных направления организации учебной деятельности.

1. Профессионально-контекстная постановка задачи. Проектное задание строится таким образом, чтобы студент с самого начала видел связь между абстрактной математической конструкцией и ее практическим применением. В курсе общей алгебры это достигается через обращение к реальным объектам, например, молекулам с различной пространственной структурой, симметрия которых описывается аппаратом теории групп.

2. Интеграция цифровых инструментов в процесс решения. Обязательным этапом выполнения проекта становится создание цифрового продукта – программной реализации алгоритмов, компьютерного моделирования и визуализации полученных результатов. Это требует от студентов не просто выполнения математических операций, но и их алгоритмизации, выбора оптимальных вычислительных методов, работы с современными библиотеками и средами.

3. Организация исследовательской деятельности студента. Проект строится как мини-исследование: студенту предлагается не единственный способ решения, а возможность сравнительного анализа нескольких подходов, оценки их эффективности и устойчивости. Важным элементом становится верификация результатов, в том числе полученных с использованием генеративных нейросетей, и их содержательная интерпретация в исходном прикладном контексте. Тем самым создаются условия для формирования критического мышления и ответственности за результат.

Диагностический компонент представлен системой критериев оценивания, учитывающей не только математическую корректность выполненной работы, но и качество программной реализации, визуализации, глубину сравнительного анализа и полноту интерпретации полученных результатов в терминах прикладной области.

Предложенная методика была реализована на примере проекта «Анализ точечных групп симметрий молекул» в курсе общей алгебры для обучающихся второго курса образовательной программы «Инфохимия» Национального исследовательского университета ИТМО.

Студентам предлагалось исследовать две молекулы: исходную с высокосимметричной структурой и ее модификацию с пониженной симметрией. К примеру, использовались пары: бензол C_6H_6 и хлорбензол C_6H_5Cl ; метан CH_4 и хлорметан CH_3Cl и др. Всего было сформировано 14 пар молекул, что обеспечило уникальность заданий для каждой группы.

Работа над проектом включала следующие этапы.

1. Выбор пары молекул для исследования. Студентам предлагался один из вариантов: а) выбрать одну пару молекул из предложенного списка; б) подобрать пару молекул самостоятельно, исходя из требования, что вторая молекула получается удалением или заменой атомов и теряет симметрии по сравнению с первой; в) выбрать одну молекулу, используя специальную литературу и другие источники, изучить, как меняется ее симметрия в зависимости от состояния; рассмотреть соответствующие группы симметрий в двух состояниях.

2. Нумерация атомов. Для обеих молекул приводилась нумерация атомов, одинаково логично примененная к обеим структурам для удобства последующего сравнения.

3. Определение симметрий и точечной группы. Студенты определяли все операции симметрии для первой молекулы (вручную или с использованием программных средств) и записывали их в различных формах: подстановки (перестановки), произведения циклов, матрицы преобразований, а также в общепринятых обозначениях [11, с. 8].

4. Доказательство изоморфизма. Студенты показывали, что группа симметрий молекулы изоморфна известной математической группе.

5. Визуализация симметрий. Создавалась интерактивная 3D-модель молекулы с интерактивными операциями симметрии. На моделях отображались все атомы с цветовым кодированием по типам элементов, химические связи, оси вращения, плоскости симметрии, центр инверсии, несобственные оси. Также была реализована анимация хотя бы одной операции из каждого класса сопряженности.

6. Сравнительный анализ. Пункты 3–5 повторялись для второй (модифицированной) молекулы. Выявлялись изменения: исчезнувшие операции симметрии, различия в таблицах Кэли, сравнение классов сопряженности и подгрупп, анализ вложения групп.

7. Анализ влияния симметрий на химические и физические свойства молекул.

Проект выполнялся в малых группах по 3 человека в течение 4 недель. Завершающим этапом являлась публичная защита проекта, на которой каждая группа представляла презентацию, демонстрировала разработанное программное обеспечение и отвечала на вопросы.

Особенностью проекта являлось требование к рефлексии использования инструментов искусственного интеллекта. В отчете студенты должны были описать, на каких этапах и с какой целью они обращались к генеративным нейросетям (поиск информации, генерация кода, проверка гипотез), а также дать критическую оценку полученным результатам.

Обсуждение

Анализ студенческих отчетов, выполненных в ходе апробации проекта, позволяет содержательно интерпретировать эффективность разработанной методики и выявить ряд значимых педагогических эффектов.

Работа с парами молекул, находящимися в отношении «высокосимметричный прототип – его модификация», показала себя как эффективный дидактический прием. Сравнение исходной структуры и ее модифицированного аналога делает наглядным понятие понижения симметрии и его следствия – изменение таблицы Кэли, классов сопряженности, структуры подгрупп. Студенты не просто изучают абстрактную группу, а видят ее «материальное воплощение» в конкретной молекуле и прослеживают, как замена одного атома отражается на симметрии и свойствах молекулы. Это подтверждает значимость содержательного компонента методики, предполагающего наполнение заданий профессионально значимым контекстом.

Особое значение имел этап визуализации. Использование интерактивных трехмерных моделей, демонстрирующих элементы симметрии молекул, обеспечило переход от абстрактного восприятия к визуализации структуры групп. Благодаря наглядной демонстрации операций симметрии обучающиеся глубже усвоили такие математические понятия как классы сопряженности, подгруппы в группе и особенности построения таблиц Кэли для конечных групп. Предложенный авторами подход выступает инструментом реализации метапредметных результатов, предусмотренных методической целью исследования.

Обоснование изоморфизма групп симметрии молекулярных структур и классических математических групп позволило интегрировать геометрические представления о симметрии со строгими алгебраическими концепциями и продемонстрировало обучающимся, что за внешним многообразием химических соединений прослеживаются единые математические закономерности. Это, в свою очередь, стимулирует формирование системного мышления и осознание универсальности математического инструментария.

Активное использование в проектной деятельности цифровых технологий и обязательной рефлексии по итогам взаимодействия с нейросетями подтвердило свою педагогическую эффективность. Создание программного кода потребовало от студентов тщательной алгоритмизации процесса и обоснованного выбора инструментов, что напрямую влияет на рост их цифровой грамотности.

Формулировка задания, предполагающая описание и анализ опыта работы с искусственным интеллектом, снизило риск формального копирования готовых решений и дало возможность развития у обучающихся критического мышления и исследовательских компетенций.

Аналитическая работа студентов со специальной литературой по вопросам влияния симметрии молекул на свойства химических соединений позволила укрепить межпредметные связи. Обучающиеся на практике проследили зависимость физико-химических параметров веществ от типа их точечной группы. Результаты исследования подтверждают тезис о том, что освоение фундаментальных знаний происходит наиболее продуктивно в контексте решения профессионально ориентированных задач. Междисциплинарный характер проекта выступил значимым мотивационным фактором: студенты направления «Инфохимия» смогли убедиться в применимости аппарата общей алгебры в своей будущей профессии.

Полученные результаты согласуются с ключевыми идеями проектного обучения, согласно которым акцент на самостоятельной исследовательской деятельности и переход от репродуктивного усвоения к активному конструированию знаний соответствуют личностно-ориентированной парадигме образования. Выделенные в ходе исследования направления организации учебной деятельности – профессионально-контекстная постановка задачи, интеграция цифровых инструментов, организация исследовательской работы – развивают современные подходы к цифровой дидактике.

Следует отметить ограничения данного исследования, состоящие в том, что представленные результаты основаны на анализе студенческих отчетов и носят описательный характер. Для более объективной оценки эффективности разработанной методики требуется проведение более масштабного исследования с использованием диагностического инструментария для измерения уровня сформированности как предметных знаний по теории групп, так и цифровых компетенций.

Заключение

Представленный опыт реализации практико-ориентированного проекта в курсе общей алгебры подтверждает эффективность проектного метода для решения комплекса задач современного образования. Такой подход позволяет не только углубить понимание фундаментальных математических концепций за счет их приложения к профессионально значимым объектам, но и целенаправленно формировать цифровые компетенции, необходимые будущему специалисту.

Включение в структуру проекта этапа рефлексии по использованию инструментов искусственного интеллекта способствует выработке критического мышления и ответственного отношения к результатам своей деятельности. Разработанная система критериев оценивания позволяет объективно оценить как математическую корректность, так и качество программной реализации и глубину интерпретации результатов.

Дальнейшее развитие предложенного подхода может заключаться в создании практико-ориентированных проектов для различных направлений подготовки, а также в разработке методических рекомендаций по их адаптации для дистанционного и смешанного форматов обучения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Карпасюк, И. В. Некоторые особенности и тенденции прикладной математической подготовки студентов технического университета, обучающихся по направлениям IT-профиля / И. В. Карпасюк // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. – 2013. – № 1. – С. 187–193.
2. Вербицкий, А. А. Контекстное обучение в компетентностном подходе / А. А. Вербицкий // Высшее образование в России. – 2006. – № 11. – С. 39–46.
3. Трудности и перспективы цифровой трансформации образования / А. Ю. Уваров, Э. Гейбл, И. В. Дворецкая и др.; под ред. А. Ю. Уварова, И. Д. Фрумина; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики», Ин-т образования. – М.: Изд. дом Высшей школы экономики, 2019. – 343 с. – URL: https://ioe.hse.ru/data/2019/07/01/1492988034/Cifra_text.pdf.
4. Роберт И. В. Развитие информатизации образования в условиях цифровой трансформации // Педагогика. – 2022. – Т. 86, № 1. – С. 40–50.
5. Носкова, Т. Н. Дидактика цифровой среды: монография / Т. Н. Носкова. – Санкт-Петербург: Издательство РГПУ им. А. И. Герцена, 2020. – 382 с.
6. Исаева, Т. Е. Педагогическая профилактика электронного академического мошенничества / Т. Е. Исаева // Концепт. – 2025. – № 4. – С. 249–264. – DOI: 10.24412/2304-120X-2025-11070.
7. Пустовойтов, В. Н. Искусственный интеллект в образовании: риски некорректного использования / В. Н. Пустовойтов, Е. В. Дубицкая, А. В. Шлома // Современные наукоемкие технологии. – 2025. – № 8. – С. 109–113.
8. Фларри, Р. Группы симметрии. Теория и химические приложения / Р. Фларри. – М.: Мир, 1983. – 400 с.
9. Дмитриев, И. С. Симметрия в мире молекул / И. С. Дмитриев. – Ленинград: Химия, 1976. – 128 с.
10. Эллиот, Д. Симметрия в физике / Д. Эллиот, П. Добер. – М.: Мир, 1983. – Т. 1. – 368 с.
11. Поклонский, Н. А. Точечные группы симметрии: учебное пособие / Н. А. Поклонский. – Мн.: БГУ, 2003. – 222 с.
12. Zeng, Q. Visualizing Symmetry: A Resource for Chemical Education with VMD and SYVA Programs / Q. Zeng, J. Mu // Journal of Chemical Education. – 2024. – Vol. 101, № 10. – P. 4462–4467. – DOI: 10.1021/acs.jchemed.4c00530.
13. Шмигирилова, И. Б. Дидактическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся в условиях цифровизации образования / И. Б. Шмигирилова, О. В. Григоренко, А. С. Рванова // Актуальные вопросы образования. – 2023. – № 1. – С. 351–358. – DOI: 10.33764/2618-8031-2023-1-351-358.
14. Полат, Е. С. Современные педагогические и информационные технологии в системе образования: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Е. С. Полат, М. Ю. Бухаркина. – М.: Издательский дом «Академия», 2010. – 368 с.
15. Колесникова, И. А. Педагогическое проектирование: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / И. А. Колесникова, М. П. Горчакова-Сибирская. – М.: Издательский дом «Академия», 2005. – 288 с.
16. Андрюхина, Л. М. Концепты цифровой дидактики как основания проектирования опережающего образования педагогов профессионального обучения / Л. М. Андрюхина, Н. В. Ломовцева, Н. О. Садовникова // Профессиональное образование и рынок труда. – 2020. – № 1 (40). – С. 30–43.
17. Скибицкий, Э. Г. Подготовка студентов к профессиональной деятельности в условиях цифровой экономики // Вестник ХГУ им. Н. Ф. Катанова. – 2019. – №28. – С. 119–124.

© А. С. Рванова, О. В. Григоренко, 2026