

ПРИКЛАДНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ, ТЕХНОЛОГИИ

Научное мнение. 2025. № 9. С. 22–31.

Nauchnoe mnenie. 2025. № 9. P. 22–31.

Научная статья

УДК 379.835

DOI: https://doi.org/10.25807/22224378_2025_9_22

ПОПУЛЯРИЗАЦИЯ НАУЧНЫХ ЗНАНИЙ: МАСТЕР-КЛАССЫ МЕЖПРЕДМЕТНОГО СОДЕРЖАНИЯ НА ЗАНЯТИЯХ ЛЕТНЕГО ЛАГЕРЯ

Валентина Михайловна Ларионова¹, Светлана Олеговна Пустовит²

^{1, 2} Калужский государственный университет им. К. Э. Циолковского, г. Калуга, Россия

¹ lealvmlee@mail.ru

² sveta_pus@mail.ru

Аннотация. В статье раскрываются отдельные аспекты популяризации научных знаний как актуального направления воспитания современных обучающихся средней общеобразовательной школы. На примере организации химического эксперимента и процесса 3D-моделирования в системе мастер-классов на занятиях летнего лагеря показаны некоторые приемы интеграции образования с наукой и технологиями. Реализация межпредметных связей химии со смежными областями знаний рассматривается как предметная основа решения прикладных задач различного характера — от научных до повседневных.

Ключевые слова: популяризация науки, мастер-класс, химический эксперимент, межпредметные связи, STEM-подход, 3D-моделирование

Original article

POPULARISATION OF SCIENTIFIC KNOWLEDGE: INTERDISCIPLINARY MASTER CLASSES AT THE SUMMER CAMP

Valentina M. Larionova¹, Svetlana O. Pustovit²

^{1, 2} Kaluga State University named after K. E. Tsiolkovsky, Kaluga, Russia

¹ lealvmlee@mail.ru

² sveta_pus@mail.ru

Abstract. The article reveals certain aspects of the popularisation of scientific knowledge as a relevant direction of education of modern secondary school students. Using the example of a chemical experiment and 3D modelling within the master class system at the summer camp, some techniques for integrating education with science and technology are shown. The implementation of interdisciplinary links between chemistry and related fields of knowledge is considered as the subject basis for solving applied problems of various kinds – from scientific to everyday.

Keywords: popularisation of science, master class, chemical experiment, interdisciplinary communication, STEM approach, 3D modelling

Важнейшим направлением развития современной науки является усиление интегративности при решении фундаментальных и прикладных задач. Высокая востребованность комплексного подхода при организации научных исследований объясняется сложностью состава реальных объектов, которые часто обуславливают потребность в применении системы разноплановых методов оценки и контроля состояния систем и процессов [1]. Поэтому научные изыскания, проводимые на границе нескольких наук, открывают ученым новые перспективы в расширении «горизонта» открытий.

В учебно-воспитательном процессе средней общеобразовательной школы, с одной стороны, подобная многоаспектность научных исследований находит выражение в актуализации содержания обучения естественнонаучным предметам, что осуществляется на основе достижений науки и непосредственно связано с включением интенсивно развивающихся технологий в образовательную деятельность. С другой стороны, реализация межпредметных связей, отражающих аналогичные процессы, происходящие в области науки, способствует развитию познавательных процессов обучающихся. «Клиповость» восприятия, характерная для подрастающего поколения сегодня, обусловливает одностороннее восприятие учащимися явлений окружающего мира [2]. В результате фрагментарность представлений приводит к формированию неполных или искаженных образов научного потенциала естественнонаучных знаний. Кроме того, исследователями доказано, что социальное окружение (родители, сверстники, учителя и др.) также меня-

ет целевые установки учащихся в отношении ценности естественнонаучного знания [3]. Как результат, происходит снижение познавательных интересов как к освоению нового в естественнонаучной сфере и недооценке возможностей науки, так и в будущем — к выбору профессий, базирующихся на соответствующих знаниях и обеспечивающих уровень жизни современного человека.

В связи с этим закономерным этапом развития учебной и неразрывно связанной с ней воспитательной деятельности школьников является обновление содержания и методов, демонстрирующих различные возможности современной науки в решении прикладных задач [4]. Другими словами, речь идет о популяризации науки среди обучающихся средних общеобразовательных школ, что представляет собой одну из актуальных проблем, стоящих перед современным российским обществом [5–7].

Целью поискового этапа исследования, представленного в публикации, является поиск «векторов» расширения представлений учащихся о возможностях химии в рамках летнего лагеря с использованием материально-технической базы лабораторий университета.

Задачи исследования следующие:

1) определение роли межпредметного подхода в процессе популяризации науки как стратегическом направлении воспитания подрастающего поколения;

2) выявление особенностей организации мастер-классов, позволяющих учащимся интегрировать различные отрасли научного знания с современными методами познания и материально-техническими возможностями

университета при решении задач прикладного характера;

3) стимулирование познавательных интересов учащихся к освоению естественнонаучных дисциплин на основе решения системы задач.

Популяризация научных знаний как стратегическое направление воспитания учащихся

В соответствии со «Стратегией развития воспитания в Российской Федерации на период до 2025 года», утвержденной Правительством РФ, «обновление воспитательного процесса с учетом современных достижений науки и на основе отечественных традиций подразумевает популяризацию научных знаний среди детей» [8]. Данное направление воспитания включает два основных аспекта, на которые делается упор в данном нормативном документе. Во-первых, речь идет о необходимости усиления привлекательности образа науки и стимулировании научно-технического творчества учащихся. Во-вторых, популяризация науки предполагает создание условий, обеспечивающих разнообразие способов и возможностей получения учащимися достоверной информации об окружающем мире [8].

Под популяризацией науки исследователи понимают «процесс распространения научных знаний в современной и доступной форме для широкого круга людей (имеющих определенный уровень подготовленности для получения информации)» [6; 9]. К ее ключевым функциям относят информационную, связанную с распространением научных знаний среди учащихся, и мировоззренческую, обеспечивающую привлекательность науки и демонстрирующую ее роль в познании окружающего мира [6].

В связи с этим популяризация науки на основе интеграции смежных областей знаний предполагает учет принципов, обозначенных в работах ряда исследователей [6; 10; 11]. Среди данных принципов центральное место, несомненно, занимают принципы научной новизны (актуальности) и опоры на научное знание, которые взаимосвязаны и реализуются в форме систематизации актуальной науч-

ной информации. К обозначенному принципу примыкает принцип осмыслиения, предполагающий не только получение результата, но и осознание учащимися приемов и способов их получения. На практике он проявляется в способности переносить освоенные методы решения задач в новые ситуации. Принцип доступности определяет уровень сложности в представлении нового с учетом индивидуальных особенностей и предметной подготовки учащихся. Принцип занимательности является многоаспектным и может быть реализован не только через содержание, но и формы и средства выполнения познавательной деятельности, включая применение современных технологий. Исследователи указывают в качестве важных принципов популяризации науки иллюстративность (подкрепление общих положений конкретными примерами) и диалогизацию (научно-популярный стиль изложения данных и сведений) и др., которые наряду с остальными нами также учитываются в представленном исследовании [6; 11].

Большое значение в осуществлении такого направления воспитания учащихся, как популяризация науки, имеет взаимодействие средней общеобразовательной школы и высшего учебного заведения. Исследователи в области методики обучения химии отмечают потребность в расширении форм организации сотрудничества, проводимого как на базе средних, так и высших школ [12; 13]. Примером эффективного способа популяризации знаний на базе химических лабораторий университета является организация мастер-классов. В соответствии с результатами исследований, представленных в научно-методической литературе, данная форма проведения воспитательных мероприятий способствует не только формированию познавательных интересов учащихся, но и раскрывает многообразие подходов естественных наук к решению поставленных задач [10; 13]. В данном отношении популяризация науки средствами мастер-классов межпредметного характера, проводимых на материально-технической базе университета и основанных на решении учебных задач прикладного характера средствами современных технологий, также

реализует в процессе воспитания элементы STEM-подхода как инновационной стратегии развития образования [14–16].

STEM представляет собой интегрированный подход, в рамках которого академические научно-технические концепции, базирующиеся на науке, математике, технологиях и инженерии, осваиваются в контексте решения задач из реальной жизни [14; 15]. Главной целью STEM-подхода является преодоление оторванности традиционного образования от решения практических задач и осуществление связей между отдельными учебными предметами [17]. Из особенностей данного подхода, важных для выполнения нашего исследования, отметим следующие: 1) коллективное решение обучающихся учебных задач; 2) практическое применение научных знаний; 3) межпредметный характер содержания и методов решения; 4) применение естественнонаучных знаний и современных технологий [18].

Таким образом, мастер-классы межпредметной тематики, организованные в химических лабораториях университета, способствуют созданию условий популяризации науки среди обучающихся средних общеобразовательных школ на основе актуальных достижений химической науки и с использованием компьютерных технологий, что отвечает современным тенденциям развития науки и образования.

Организация познавательной деятельности учащихся на занятиях по химии

Проведение занятий по химии с учащимися 8–11 классов пос. Бабынино (Калужская оюласть) осуществляется авторами публикации ежегодно в рамках летнего лагеря в течение последних 10 лет. Каждый цикл занятий в пределах одной смены лагеря охватывает 10 дней. В связи с этим учащимся разных возрастных параллелей предлагается принять участие в системе мастер-классов, демонстрирующих применение системы методов научного познания для решения прикладных задач [19].

В содержании занятий авторы делают акцент на межпредметный характер, как непосредственно объектов, так и подходов к их

изучению. Поскольку химическая наука имеет дело не только с реальными объектами, но и абстрактными понятиями и категориями, применяемые при этом дидактические средства также являются разноплановыми.

Приведем несколько примеров учебных задач, изучение которых частично выходит за пределы химической науки. Их выполнение осуществляется в 2 этапа: теоретический (поиск необходимой информации) и практический (выполнение реального или компьютерного эксперимента).

В первых двух учебных задачах (см. ниже) речь идет о выполнении реального химического эксперимента на границе химии и биологии, а в последующих — о химических задачах, включающих применение знаний и умений из области информатики. Кратко опишем содержание и роль данных заданий, используемых нами для популяризации научных знаний.

Задача 1. Природные объекты имеют сложный химический состав. Выделите нуклеиновые кислоты (НК) из мякоти банана. Для решения задачи ответьте на следующие вопросы: 1. Почему в качестве объекта исследования для выделения нуклеиновых кислот выбрана мякоть банана? 2. Какие методы измельчения применяют при подготовке проб растительных объектов? 3. Почему для растворения ДНК и РНК рекомендуется применять водно-солевые растворы и поверхностно-активные вещества? 4. Опишите особенности физических и физико-химических свойств ДНК и РНК. 5. Выполните химический эксперимент в соответствии с методикой ниже.

Химический эксперимент «Выделение НК из мякоти банана» [20]

I. Подготовка смеси экстрагентов.

В отдельных химических стаканах приготовьте 2 раствора: 1) в 50 мл дистиллированной воды растворите кристаллический хлорид натрия до получения насыщенного раствора; 2) в 50 мл воды поместите 1 ложечку поверхностно-активного вещества (моющее средство). Смешайте в отдельном химическом стакане полученные растворы соли и моющего средства.

II. Подготовка пробы к исследованию.

В фарфоровой ступке разотрите мякоть половины спелого банана.

Измельченную массу перенесите в раствор, полученный в предыдущем пункте (смесь растворов хлорида натрия и моющего средства), тщательно перемешайте стеклянной палочкой. Моющая жидкость способствует химическому разрушению клеточных стенок растительной ткани. Соль увеличивает растворимость нуклеиновых кислот (НК) в смеси. Через несколько минут профильтруйте полученную взвесь в высокий химический стакан, используя несколько слоев марли.

III. Выделение НК из раствора.

Осторожно добавьте охлажденный 96%-ный раствор этанола (предварительно охладите его в морозильной камере холодильника) в химический стакан, погруженный в холодную воду, так, чтобы образовался слой спирта на поверхности. При контакте выделившиеся НК со спиртом они теряют свою стабильность. Гидратная оболочка, которая обычно стабилизирует НК, вытесняется спиртом, и они выпадают в осадок, отделяясь от водорастворимых компонентов смеси. Белая нитеобразная масса, выделяющаяся между двумя слоями, является смесью НК банана. Через 4-5 мин. медленно погрузите деревянную палочку в химический стакан и намотайте на нее волокнистые молекулы НК.

Задача 2. Природное сырье является ценным источником биологически активных веществ. Исследуйте чай на предмет содержания в нем витамина Р (рутин, флавоноиды). При решении задачи ответьте на вопросы: 1. Что представляет собой витамин Р по химической природе? Сколько соединений соответствуют данному витамину? 2. Какие растворители позволяют извлекать витамин Р из растительного сырья? 3. Какие условия способствуют извлечению витамина из растительного сырья (измельчение, температура, продолжительность экстракции, др.)? Как осуществляют пропаривание и отделение извлечения от твердой массы чая? 4. При помощи каких качественных реакций можно доказать наличие витамина Р в экстракте? 5. Выполните

химический эксперимент в соответствии с методикой ниже.

Химический эксперимент «Обнаружение флавоноидов в чае» [21]

I. Приготовление экстракта.

К 100 мг чая добавляют 50 мл горячей дистиллированной воды и выдерживают раствор в течение 5 мин. Затем фильтруют раствор через фильтр «белая лента». В полученном экстракте обнаруживают витамин Р при помощи качественных реакций.

II. Качественные реакции.

1. Реакция с 1%-м раствором хлорида алюминия. К 1 мл исследуемого раствора добавьте 1–2 мл 1%-ного раствора хлорида алюминия. Флавоноиды, имеющие две оксигруппы в C₃ и C₅ положениях, дают хелаты желтого цвета.

2. Реакция с раствором аммиака (или другим щелочным раствором, например, гидрокарбонатом натрия или щелочью). К 1 мл исследуемого раствора добавьте 1–2 мл 25%-го раствора аммиака. Флавоны, флавонолы, флаваноны приобретают желтое окрашивание, при нагревании переходящее в оранжевое или красное; халконы и ауруны — оранжевое или красное окрашивание. Антоцианы образуют синее или фиолетовое окрашивание.

3. Реакции с солями железа (III). К 1 мл исследуемого раствора добавьте 1–2 мл 10%-го раствора хлорида железа (III). Появляется окраска от зеленой (флавонолы) до коричневой (флаваноны, халконы, ауруны) и красновато-буровой (флавоны).

Природные ресурсы издревле вызывают интерес в отношении раскрытия «загадок» природы и использования в качестве сырья для укрепления здоровья и обеспечения качества жизни человека. Поэтому выделение биомолекул из растительного или животного сырья стимулирует развитие исследований в областях молекулярной биологии и генетики, биоорганической и биологической химии, фармакогнозии и фармакологии, которые были основаны как результат интеграции знаний и методов сразу нескольких смежных наук, включая химию.

В связи с этим методы выделения и исследования химических веществ из биоло-

гического материала имеют ряд особенностей: применение «мягких» условий, подбор растворителей и экстрагентов, избирательно извлекающих определенные соединения или их группы из смесей сложного состава, удаление или отделение мешающих компонентов и др.

Интересными с точки зрения воспитания учащихся, на наш взгляд, являются типичные примеры работ, демонстрирующих систему доступных приемов науки для извлечения, обнаружения и идентификации веществ, которые предполагают выполнение реального эксперимента. Поэтому нами была проведена серия мастер-классов по изучению особенностей химического состава растительного сырья, доступного для самостоятельного сбора или приобретения в нашем регионе.

В целом, выполнение реального химического эксперимента с использованием биологического материала способствует интеграции представлений о многоаспектности естественнонаучных исследований и познаваемости мира средствами науки. При этом особое внимание нами уделяется правилам работы в лаборатории, обращению с химическими веществами, оборудованием и посудой, что также необходимо для выполнения ряда исследований в смежных областях — биологии и экологии.

В качестве другого направления осуществления взаимосвязей различных наук нами реализуется включение элементов знаний и умений из области информатики в процесс выполнения учащимися заданий, связанных с созданием 3D-моделей, которые позволяют визуализировать объекты изучения химии. Приведем содержание нескольких подобных задач.

Задача 3. Воздух представляет собой смесь газов, которые невидимы глазу человека. Предложите способ оценить состав воздуха на уровне молекул, представив их трехмерные модели. При ответе выполните следующее: 1. Перечислите основные газообразные вещества, присутствующие в составе воздуха. 2. Укажите, к каким группам соединений их относят: а) по химическому составу (простые или сложные); б) по природе веществ (неор-

ганические или органические). 3. Используя ресурсы интернета, определите, какова структура молекул указанных веществ. 4. Соберите шаростержневые модели молекул, используя наборы пластиковых шаров и стержней. 5. Создайте 3D-модели веществ — компонентов воздуха — в программе “Blender”. При 3D-моделировании используйте сочетания «горячих» клавиш (табл.) и общий алгоритм работы.

Задача 4. При подготовке растворов, применяемых для выделения и обнаружения компонентов, часто требуется их растворение в воде. Для этих целей необходимо использовать химическую посуду и оборудование. Предложите виды химической посуды и оборудования, необходимых для приготовления насыщенного раствора хлорида натрия, который применяется для «высаливания» белков из водных растворов. Для решения задачи ответьте на вопросы: 1. Что такое «высаливание» белков? 2. Что представляет собой «насыщенный раствор»? Как его готовят? 3. Хлорид натрия находится в форме крупных кристаллов, что замедляет их растворение в воде. Как можно измельчить их в условиях химической лаборатории? 4. Какая химическая посуда для этого требуется? Как осуществляется ручное перемешивание раствора при его приготовлении? 5. Создайте 3D-модели химической посуды и оборудования, которые Вам понадобятся для приготовления раствора хлорида натрия, используя возможности программы “Blender”. Учтите особенности конструкции каждого вида оборудования и посуды: размеры, пропорции, толщина стенок.

При организации познавательной деятельности учащихся по созданию 3D-моделей применялись ресурсы голограмического класса: доступность источников информации онлайн, наличие установленной программы для 3D-моделирования “Blender”, специализированная программа для осуществления трехмерной визуализации, работающая совместно со стереоочками.

При создании 3D-моделей модели молекул веществ — компонентов воздуха — и лабораторной установки учащимся были предло-

жены ранее разработанные нами алгоритмы 3D-моделирования. Описание данных алгоритмов подробно представлено в публикациях [22; 23].

Наряду с общим алгоритмом выполнения конкретных заданий по 3D-моделированию учащимся был предложен перечень отдельных сочетаний «горячих» клавиш компьютерной программы “Blender” [24], в которой

выполнялись работы обучающихся (табл.). Такой подход позволил индивидуализировать процесс создания моделей.

По мере освоения основного функционала программы учащиеся вместо применения подробного алгоритма переходили к самостоятельному использованию возможностей программы, проявляя творческий подход в формировании трехмерных объектов.

Таблица
«Горячие» клавиши и их сочетания в программе “Blender”

<u>1. Работа во всех редакторах</u>		
<u>№ п/п</u>	<u>Элемент моделирования</u>	<u>Клавиши и сочетания клавиш</u>
1	Изменение размеров объекта	«S» (от англ. «scale» — масштаб); Можно указать одну ось
2	Перемещение объекта левой клавишей мыши	«G» (от англ. «grab» — перетаскивать)
3	Вращение объекта по осям	«R» (от англ. «rotate» — вращать); при нажатии клавиши «R» и нажатии одной оси, вращение объекта — только по выбранной оси
4	Копирование	«Shift» и «D»
5	Отмена изменений	«Ctrl» и «Z»
6	Удаление	«Delete»
7	Стандартизация измененных параметров объекта	«Ctrl» и «A» → «Scale» (или «Rotation», «Location»)
<u>2. Режим «Object Mode»</u>		
8	Создание новых объектов (куб, сфера, пирамида и др.)	«Shift» и «A» → Mesh → выбор объекта
9	Установление <u>временной связи</u> между объектами	«Ctrl» и «P» → Object (Keep transform)
10	Разрыв <u>временной связи</u> между объектами	«Object» (вверху рабочего окна) → «Parent» → «Clear parent»
<u>3. Режим «Edit Mode»</u>		
11	Выделение всего объекта	«A»
12	Выделение полигонов, ребер или вершин по петле (целому ряду)	зажимаем клавишу «Alt», а затем кликаем левой клавишей мыши по полигону, ребру или вершине, которые входят в состав петли выделенных частей объекта
13	Экструдирование (вытягивание, выдавливание) частей объекта	«E» или «Alt» + «E» → Extrude faces along normals (последний вариант — экструдирование вдоль нормалей)
14	Сужение или расширение выделенных частей объекта	клавиша «S» и перемещение зажатой левой клавишей мыши
15	Добавление <u>новых петель</u> вершин	«Ctrl» и «R»
16	Соединение выделенных вершин или граней	«F»
17	Соединение вершин в центре	«M» → «At center»
18	<u>Прочное соединение</u> объектов в один объект	«Ctrl» и «J»

Заключение

Обсуждение содержания проведенных занятий в конце курса показало, что большинство школьников осознали «досягаемость» научного знания. Они смогли ощутить пользу от простых достижений химической науки для решения разнообразных задач. В целом, вопросы, задаваемые учащимися на занятиях, также показали наличие изменений в их отношении к химической науке как занимательной сфере деятельности и возможной будущей профессии.

По результатам проведения поискового этапа педагогического эксперимента нами были выявлены следующие особенности реализации мастер-классов, способствующих созданию условий популяризации науки:

- межпредметность позволяет раскрывать перед учащимися различные аспекты задач, которые связаны с повседневной жизнью или профессиональной деятельностью, что связано с реализацией мировоззренческой функции популяризации науки;
- самостоятельный поиск информации, предусмотренный содержанием учебных задач, способствует развитию критического мышления и опыта самостоятельной работы с информацией, а выполнение химического

эксперимента и практических заданий по моделированию стимулирует познавательные интересы учащихся через их вовлечение в активную деятельность;

- использование ресурсов голографического класса не только повышает привлекательность науки, но увеличивает наглядность изучаемых вопросов.

Выводы

1. Обзор научно-методической литературы показывает, что «стирание» границ между подходами, принятыми в отдельных областях науки, может быть эффективно отражено не только в отношении содержания, но также методов и технологий, применяемых для решения задач воспитания.

2. Решение школьниками системы учебных задач межпредметного содержания способствует изменению отношения учащихся к освоению естественных наук в целом.

3. Проведенное исследование показывает, что с целью популяризации научных знаний для выполнения учащимися эксперимента следует выбирать общедоступные объекты, которые могут быть рассмотрены в системе знаний нескольких наук и с учетом возможностей современных технологий.

Список источников

1. Балахонский В. В. Тенденция интеграции междисциплинарного научного знания: важнейшие направления и детерминанты // Синтез междисциплинарного научного знания как фактор развития современной науки: сборник статей Международной научно-практической конференции, Петрозаводск, 26 марта 2020 г. Петрозаводск: Международный центр научного партнерства «Новая Наука», 2020. С. 59–62.
2. Лангуев К. А., Лангуева Е. В. Становление и развитие клипового мышления у молодого поколения // Образование, профессиональное развитие и сохранение здоровья учителя в XXI веке: сборник научных трудов VIII Международного форума по педагогическому образованию, Казань, 25–27 мая 2022 г. Ч. II. Казань: Издательство Казанского университета, 2022. С. 376–381.
3. Fortus D., Touitou I. Changes to students' motivation to learn science // Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research. 2021. 3:1. Pp. 1–14. URL: <https://diser.springeropen.com/articles/10.1186/s43031-020-00029-0> (дата обращения: 22.06.2025).
4. Гибадуллин А. А. Интеграция образования с наукой и технологией // Матрица научного познания. 2023. № 12-2. С. 384–386.
5. Воронов А. С. Развитие научно-исследовательского потенциала молодежи и популяризация науки среди школьников, студентов и молодых ученых России // Государственное управление. Электронный вестник. 2020. № 78. С. 198–228. DOI 10.24411/2070-1381-2020-10040.

6. Журавлева Е. В., Фурсов С. В. Популяризация науки в современной России // Россия и современный мир. 2018. № 4 (101). С. 233–237. DOI 10.31249/rsm/2018.04.19.
7. Реймер М. В., Морозова Т. А. Проблема популяризации науки среди школьников // Вопросы педагогики. 2021. № 1-1. С. 222–226.
8. Стратегия развития воспитания в РФ на период до 2025 г., утв. распоряжением Правительства РФ № 996-р от 29.05.2015. URL: <http://static.government.ru/media/files/f5Z8H9tgUK5Y9qtJ0tEFnyHlBitwN4gB.pdf> (дата обращения: 22.06.2025).
9. Емельянова Е. А. Популяризация научных знаний в школе как ресурс современного общества (из опыта работы творческих интеллектуальных лабораторий МБОУ ЛСТУ № 2 г. Пензы) // Популяризация и пропаганда научных знаний в современной России: цели, задачи, ресурсы: материалы Всероссийского круглого стола с международным участием, Москва, 15 февраля 2022 г. Москва: ООО «Издательство «Экон-Информ», 2022. С. 46–49.
10. Популяризация науки в университетах: модель центра публичной науки / Е. Н. Геворкян, С. Н. Вачкова, И. Б. Шиян [и др.] // Университетское управление: практика и анализ. 2023. № 2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/populyarizatsiya-nauki-v-universitetah-modeltsentra-publichnoy-nauki> (дата обращения: 28.06.2025).
11. Иванова В. К. Способы популяризации науки // Молодой ученый. 2021. № 22 (364). С. 509–511.
12. Brodie M. Promoting science and motivating students in the 21st century // Science in School. Issue 2. Pp. 38–41. URL: https://www.scienceinschool.org/wp-content/uploads/2014/11/issue2_rir.pdf (дата обращения: 28.06.2025).
13. Нелюбина Е. Г., Сафина Л. Г. Опыт реализации образовательного проекта мастер-классы в естественнонаучных лабораториях СГСПУ // II Всероссийский фестиваль учителей химии: Материалы Всероссийской научно-практической конференции, Воронеж, 27 января 2025 г. Воронеж: ООО Издательско-полиграфический центр «Научная книга», 2025. С. 123–133.
14. Синельников И. Ю., Худов А. М. STEM как инновационная стратегия интегрированного образования: передовой опыт, перспективы, риски // Инновационные проекты и программы в образовании. 2020. № 3. С. 54–62. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/stem-kak-innovatsionnaya-strategiya-integrirovannogo-obrazovaniya-peredovoy-opyt-perspektivy-riski-viewer> (дата обращения: 22.06.2025).
15. Дикая И. В., Дикой А. А., Набока В. С. STEM-образование как инновационный подход в развитии современной школы // Технолого-экономическое образование. 2020. № 13. С. 4–6.
16. Medova Ja., Valovicova L. Popularisation of STEM Subjects by the Means of Study Programmes for Upper-Secondary Students. In book: Research on Outdoor STEM Education in the digital Age. Proceedings of the ROSETA Online Conference in June 2020. Pp. 209–212. URL: https://www.researchgate.net/publication/342564691_Popularisation_of_STEM_Subjects_by_the_Means_of_Study_Programmes_for_Upper-Secondary_Students (дата обращения: 28.06.2025).
17. STEM и STEAM-образование: чем отличаются и кому подходит? Институт современного образования. URL: <https://ped.isoedu.ru/about/stati/stem-i-steam-obrazovanie-chem-otlichayutsya-i-komu-podkhodyat/> (дата обращения: 20.06.2025).
18. Рафикова Р. А. Анализ преимуществ и ограничений методологии STEM-образования // Science and Education. 2025. № 6. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-preimuschestv-i-ogranicheniy-metodologii-stemobrazovaniya> (дата обращения: 28.06.2025).
19. Школьники Бабынского района в Калужском государственном университете им. К. Э. Циолковского. Бабынино ТВ. Социальное телевидение Калужской области. URL: http://babynino-tv.ru/news/news_471.html (дата обращения: 28.06.2025).

20. Кравченко Ю. В. Сравнение эффективности разных методов экстрагирования ДНК / Ю. В. Кравченко, М. В. Данилова // Юный ученый. 2022. № 1 (53). С. 39–42. URL: <https://moluch.ru/young/archive/53/2719/> (дата обращения: 18.06.2025).
21. Девятин В. А. Методы химического анализа в производстве витаминов. Москва: Медицина, 1964. 360 с.
22. 3D-моделирование молекул веществ студентами-химикиами при освоении дисциплины «Механизм действия лекарственных средств» / С. О. Пустовит, В. М. Ларионова, Р. А. Земляной, В. Ю. Степанова // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2025. № 4-2 (103). С. 162–168. DOI 10.24412/2500-1000-2025-4-2-162-168.
23. Пустовит С. О., Ларионова В. М., Степанова В. Ю. Учебное занятие в голограммическом классе: современные возможности 3D-моделирования при изучении основ техники химического эксперимента // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2025. № 1–4 (100). С. 55–63. DOI 10.24412/2500-1000-2025-1-4-55-63.
24. Шапошникова С. Введение в Blender-курс. Май 2024. 100 с. [Учебное пособие]. URL: <https://younglinux.info/blender/course> (дата обращения: 23.06.2025).

Статья поступила в редакцию 18.06.2025; одобрена после рецензирования 29.08.2025; принята к публикации 12.09.2025.

The article was submitted 18.06.2025; approved after reviewing 29.08.2025; accepted for publication 12.09.2025.

Информация об авторах:

С. О. Пустовит — кандидат педагогических наук, доцент кафедры химии;

В. М. Ларионова — кандидат химических наук, доцент, заведующая кафедрой химии.

Information about the Authors:

V. M. Larionova — Candidate of Sciences (Chemistry), associate professor, head of the Department of Chemistry;

S. O. Pustovit — Candidate of Sciences (Pedagogy), associate professor at the Department of Chemistry.